2.34
Nachlass von Prof. N. Malta 549

SOCIETAS PRO FAUNA ET FLORA FENNICA

ACTA BOTANICA FENNICA

6–7

HELSINGFORSIAE 1930

HELSINGFORS
Akademische Buchhandlung

BERLIN
R. Friedländer & Sohn

Nachlaß von Prof. N. Malta
549

SOCIETAS PRO FAUNA ET FLORA FENNICA

ACTA BOTANICA FENNICA

6–7

1934 : 433

HELSINGFORSIAE 1930

ACTA BOTANICA FENNICA 6
EDIDIT
SOCIETAS PRO FAUNA ET FLORA FENNICA

PERMEABILITÄTSSTUDIEN AN CHARA CERATOPHYLLA

I. DIE NORMALE ZUSAMMENSETZUNG DES ZELLSAFTES

VON

RUNAR COLLANDER

HELSINGFORSIAE 1930

HELSINGFORS
1 9 3 0
DRUCK VON A.-B. F. TILGMANN

1. Einleitung.

Bekanntlich werden zur Bestimmung der Protoplasmapermeabilität hauptsächlich indirekte Verfahren benutzt. Dieselben sind mit zahlreichen Fehlerquellen behaftet, deren Einfluss auf die Versuchsergebnisse oft schwer zu beurteilen ist. Die Zuverlässigkeit der verschiedenen Methoden und der mit ihrer Hilfe gewonnenen Resultate wird daher von den einzelnen Forschern sehr ungleich bewertet.

Ein weiterer Mangel der gebräuchlichsten Methoden zur Bestimmung der Zellpermeabilität liegt darin, dass es meistens schwierig oder sogar unmöglich ist, mit ihrer Hilfe die Grösse der Durchlässigkeit *quantitativ* festzustellen.

So kommt es denn, dass auf dem Gebiete der Permeabilitätsforschung noch immer ein ausgesprochener Mangel an sicher festgestellten, präzisen Daten herrscht — trotz der fast unheimlich grossen Zahl der auf die Zellpermeabilität sich beziehenden Veröffentlichungen.

Es wäre also zweifellos von grosser Bedeutung, wenn es gelänge, wenigstens an einzelnen Objekten eine grössere Zahl von quantitativen Permeabilitätsbestimmungen durchzuführen, deren Zuverlässigkeit soweit möglich über jeden Zweifel erhoben wäre. Und zwar wäre es ebenso wichtig, die Veränderung der Permeabilität unter Einwirkung der verschiedensten Faktorenkonstellationen messend festzustellen, wie auch die »normale» Permeabilität der betreffenden Protoplasten für eine möglichst grosse Zahl verschiedenartiger Moleküle und Ionen quantitativ zu bestimmen. Durch eine solche Untersuchung wäre für die Theorie der Protoplasmapermeabilität eine sichere Grundlage geschaffen, die ihr heute noch fehlt.

Fragt man sich, mittelst welcher Methode diese zur Sanierung der Permeabilitätsforschung nötigen Tatsachen festzustellen wären, so braucht man, wie mir scheint, nicht lange zu zweifeln, welchem Verfahren der Vorzug zu geben ist. Es gibt nämlich ein Verfahren, das sowohl hinsichtlich der Zuverlässigkeit und Eindeutigkeit seiner Ergebnisse wie auch in bezug auf seine vielseitige Anwendbarkeit geradezu eine Ausnahmestellung unter den Permeabilitätsbestimmungsmethoden einnimmt. Es ist dies die zuerst wohl von Wodehouse (1917) und Osterhout (1922a) vorgeschlagene Methode, einzelne grosse Zellen in Lösungen der zu prüfenden Stoffe einzulegen und nach dem Verlauf

bestimmter Zeitabschnitte durch chemische Analyse ihres Zellsaftes die eingedrungenen Stoffmengen quantitativ zu bestimmen. Trotzdem auch bei dieser Methode gewisse später zu besprechende Fehlerquellen in Frage kommen können, kann man wohl doch sagen, dass dieses Verfahren (mit gewissen Kontrollversuchen anderer Art kombiniert) sowohl die Bestimmung der in gegebenen Zeitabschnitten aufgenommenen Stoffmengen wie auch die Feststellung der Grösse des Diffusionsgefälles zwischen Aussenlösung und Zellsaft in wesentlich sichrerer Weise ermöglicht, als dies bei den meisten anderen Permeabilitätsbestimmungsmethoden der Fall ist. Es lassen sich somit in dieser Weise die Permeationskonstanten verhältnismässig genau und sicher bestimmen. Ein weiterer grosser Vorzug dieser Methode ist, dass sie das Permeiervermögen der verschiedenartigsten Stoffe — Nichtelektrolyte, Salze, Säuren, Basen und Farbstoffe — in prinzipiell gleicher Weise zu untersuchen gestattet, während die meisten übrigen Verfahren bloss einen Vergleich unter sich gleichartiger Verbindungen ermöglichen.

Leider lässt sich diese sonst fast ideale Methode nur im Falle extrem grosser Zellen anwenden. Von pflanzlichen Objekten kommen daher hauptsächlich nur die Zellen oder richtiger Coenocyten von einigen *Siphonocladiales* und Charophyten für derartige Versuche in Betracht. Dabei kann man natürlich nicht im voraus wissen, inwieweit die Permeabilitätseigenschaften dieser eigenartigen »Zellen» mit denjenigen gewöhnlicher Pflanzen- und Tierzellen übereinstimmen. Die grossen Vorzüge der in Frage stehenden Methode lassen es immerhin als eine dringende Aufgabe erscheinen, die wenigen Objekte, welche derartige Bestimmungen erlauben, möglichst gründlich in dieser Hinsicht auszunützen. Es scheint mir nämlich augenblicklich beinahe wichtiger zu sein, die Permeabilitätseigenschaften *eines* Objektes genau und sicher festzustellen, als diejenige von zehn oder zwanzig Objekten mittelst der bisher üblichen ungenauen und nicht völlig einwandfreien Methoden zu untersuchen.

Von derartigen Erwägungen geleitet, habe ich mich nach mir zugänglichen Objekten, die für Permeabilitätsbestimmungen der oben angedeuteten Art geeignet wären, umgesehen. Dabei hatte ich das Glück, ein Objekt zu finden, das, soweit meine bisherigen Erfahrungen reichen, als recht günstig bezeichnet werden kann, nämlich die grossen vielkernigen Zellen (Coenocyten) der Blätter von *Chara ceratophylla* Wallr. Ich hoffe, die Permeabilitätseigenschaften dieser Zellen im Laufe der Jahre zusammen mit einigen Mitarbeitern von verschiedenen Gesichtspunkten aus untersuchen zu können.

Gewissermassen als Einleitung zu der geplanten Reihe von »Permeabilitätsstudien an *Chara ceratophylla*» erscheint hier eine Untersuchung über die normale Zusammensetzung des Zellsaftes von unserem Versuchsobjekt. Die eigentlichen Permeabilitätsprobleme werden zwar in diesem ersten Teil recht wenig direkt berührt werden. Doch wird die Kenntnis der normalen Zusam-

mensetzung des Zellsaftes unseres Objektes für die später folgenden Permeabilitätsuntersuchungen wichtig sein, so dass hierdurch die Einordnung auch des vorliegenden Teiles unter die gemeinsame Rubrik der »Permeabilitätsstudien» zu rechtfertigen sein dürfte.

Ausserdem bietet ja die Ermittelung der Zusammensetzung des Zellsaftes und ihr Vergleich mit der Zusammensetzung des umgebenden Mediums schon an sich ein nicht ganz unerhebliches Interesse, da ein solcher Vergleich bisher bloss für ganz wenige Objekte durchgeführt worden ist.

2. Das Objekt.

Chara ceratophylla Wallr. (= *Ch. tomentosa* L.) kommt in seichten, gegen Wellenschlag geschützten Buchten des Finnischen Meerbusens oft massenhaft vor, gedeiht aber anderswo, z. B. in Mittel-Europa, auch in Süsswasser. Die Art ist sehr formenreich, doch scheinen die verschiedenen Formen ohne scharfe Grenzen ineinander überzugehen (vgl. MIGULA 1897). Bei der von mir benutzten Form waren die Blätter nur an ihrem Basalteil berindet. Ausnahmsweise wurden sogar vollkommen unberindete Blätter gefunden, die dann gewöhnlich aus einer einzigen grossen Zelle bestanden; ein solches Blatt ist links in Abb. 1 zu sehen, die eine Auswahl für die Versuche geeigneter Blätter darstellt. Der unberindete Spitzenteil der Blätter besteht aus Zellen, die bis etwa 1.8 mm dick und bis etwa 4 cm lang sind. Im allgemeinen ist bloss eine Zelle des Blattes so gross, dass sie mit Vorteil für die Versuche benutzt werden kann. Die meisten benutzten Zellen enthielten etwa 10—15 mm^3 Zellsaft. Ausnahmsweise wurden Zellen gefunden, die sogar 40 mm^3 Zellsaft enthielten.

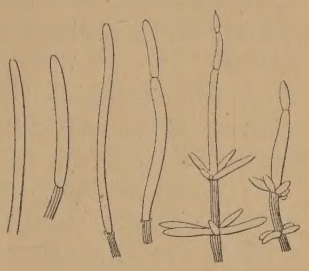

Abb. 1. Blätter von *Chara ceratophylla*. Natürliche Grösse.

Der Zellsaft wird von einem etwa 4—6 μ dicken[1] Protoplasmaschlauch umgeben, in dem man eine ruhende Hautschicht mit reihenweise angeordneten Chloroplasten und eine innere, in ununterbrochener Strömung begriffene chloroplastenfreie Schicht unterscheiden kann. Um den Plasmaschlauch herum liegt die nur etwa 5 μ dicke Zellwand. Von dem Totalvolumen der Zelle entfallen somit bloss etwa je 2 % auf die Zellwand und das Zytoplasma, während der ganze Rest, etwa 96 %, vom Zellsaft eingenommen wird.

---

[1] Gemessen an Zellen, die in PFEIFFER v. WELLHEIMS Gemisch (Methylalkohol+Holzessig+Formalin) fixiert waren.

Infolge des in ihnen herrschenden grossen Turgordruckes fühlen sich die Zellen sehr steif an. Die Zellwände sind kaum merklich mit Kalk inkrustiert.

Als Objekte für Permeabilitätsuntersuchungen betrachtet, bieten die in Rede stehenden Zellen von *Chara ceratophylla* u. a. folgende Vorteile:

1. Der Zellsaft lässt sich in später zu beschreibender Weise leicht in reinem Zustand und in für quantitative Mikroanalysen genügender Menge aus den Zellen isolieren.

2. Die Zellen sind nicht von anderen Zellen bedeckt, sondern können mit ihrer ganzen Oberfläche gelöste Stoffe aus der Umgebung aufnehmen. Da die Zellen nicht erst durch Schneiden freigelegt zu werden brauchen, kommt eine Beeinflussung der Zellpermeabilität durch Verwundung nicht in Frage.

3. Die die Protoplasten umgebende Zellwand ist dünn und nicht merklich kutinisiert und dürfte somit für gelöste Stoffe leicht durchlässig sein.

4. Infolge der annähernd zylindrischen Form der Zellen lässt sich die Flächengrösse der Protoplasten leicht bestimmen. Die Permeiergeschwindigkeit und die Permeabilität können also leicht auf die Flächeneinheit bezogen werden.

5. Während für die Zellen von Landpflanzen jede wässerige Lösung ein abnormes Medium darstellt, sind die *Chara*-Zellen gewohnt, in einem wässerigen Medium zu leben.

6. Die in den Zellen stattfindende Plasmarotation bietet ein geeignetes Kriterium für den Lebenszustand der Zellen.

7. Der beträchtliche osmotische Wert des Zellsaftes (vgl. S. 11) ermöglicht das Einlegen der Zellen in verhältnismässig konzentrierte Lösungen, ohne dass Plasmolyse zu befürchten ist.

8. Da der Zellsaft arm an Eiweissstoffen und sonstigen organischen Verbindungen ist (vgl. S. 10 f.), kommen Adsorptionsvorgänge im Zellsaft wenig in Betracht. Auch der »nichtlösende Raum» des Zellsaftes ist offenbar recht gering. Diese beiden Umstände erleichtern die Berechnung der Grösse des Diffusionsgefälles zwischen Aussenlösung und Zellsaft.

9. Als Komplettierung und Kontrolle der Versuche, in denen die permeierten Stoffmengen durch Untersuchung des *Zellsaftes* bestimmt werden, können leicht Versuche ausgeführt werden, in denen umgekehrt durch Untersuchung der *Aussenlösung*, in der die Zellen eine bestimmte Zeit verweilt haben, festgestellt wird, wieviel aus der Aussenlösung verschwunden ist. Es ist für derartige Versuche von Bedeutung, dass die Zellwand im Verhältnis zum totalen Zellvolumen sehr dünn ist, dass keine Interzellularräume vorhanden sind und dass der Lebenszustand jeder einzelnen Zelle vor und nach dem Versuch kontrolliert werden kann.

3. Die Zellsaftanalysen.

Um den Zellsaft einer grossen Blattzelle von *Chara* zu entnehmen, entfernt man am besten zuerst die an der äussersten Spitze des Blattes eventuell vorhandenen kleineren Zellen, was mittelst einer knickenden Bewegung leicht gelingt. Die Zelle wird dann an einem Stück Filtrierpapier sorgfältig abgetrocknet. Von einem Abspülen der Zellen mit destilliertem Wasser wurde dagegen abgesehen, nachdem es sich gezeigt hatte, dass alle untersuchten Ionen im Zellsaft in grösserer Konzentration als im Meerwasser vorkommen. Man stützt dann die Spitze der Zelle gegen die Oberfläche eines sauberen Objektträgers und sticht sie mit einer scharfen Nadel auf. Dabei kommt es nicht ganz selten vor, dass ein Teil des Zellsaftes unter dem Einfluss des Turgordruckes mehrere cm weit verspritzt wird und so verloren geht. Der Rest des Zellsaftes wird teils vom Objektträger und teils direkt aus der Zelle, auf die man mit den Fingern einen gelinden Druck ausübt, in eine Kapillarpipette eingesaugt, wobei man es nach Möglichkeit vermeidet, durch einen allzu starken Druck auch das Zytoplasma aus der Zelle herauszuquetschen. Die Pipette hält man dabei am besten in schwach geneigter Lage, die Spitze schief nach aufwärts gerichtet, in einem Stativ eingeklemmt. Die Flüssigkeit tritt dann unter Einwirkung der Kapillar- und Schwerkraft ohne besondere Saugung in die Pipette über. Selbstverständlich müssen alle diese Operationen möglichst schnell ausgeführt werden, um eine Konzentrationserhöhung durch Verdunstung nach Möglichkeit auszuschliessen.

Der in dieser Weise gewonnene Zellsaft enthält fast immer einzelne Chloroplasten und andere feste Protoplasmabestandteile. Diese können durch Zentrifugieren entfernt werden, besonders wenn es sich um etwas grössere Zellsaftmengen handelt. Kleinere Portionen des Zellsaftes können leicht und ohne grosse Verluste durch Filtrieren gereinigt werden, indem man den Saft, der sich in einer beiderseits offenen Glasröhre befindet, durch ein etwa 4 mm^2 grosses Papierfilterchen in eine saubere Kapillarpipette herübersaugt. Der so gereinigte Zellsaft ist vollkommen klar und von schwach gelblicher Farbe.

Die ersten für die Zellsaftanalysen benutzten Zellsaftmengen (etwa 3 ccm) wurden Mitte August 1928 an der Zoologischen Station Tvärminne (gelegen etwa 100 km WSW von Helsingfors) gesammelt und in drei kleinen, mit sorgfältig paraffinierten Glasstöpseln versehenen Glasfläschchen aufbewahrt, bis die Analysen im Mai und Juni 1929 vorgenommen wurden. Eine der Proben war, um die Entwicklung von Mikroorganismen im Zellsaft zu verhüten, mit 0.1 ccm Äthyläther versetzt. Die beiden anderen Gläschen zeigten eine leichte Trübung des anfänglich klaren Inhalts.

Das weitere Analysenmaterial wurde aus Pflanzen gewonnen, welche in der Zeit 1.—31. Juli 1929 in unmittelbarer Nähe von Helsingfors (in einer

Bucht bei Drumsö, Ennäsudd) eingesammelt wurden. (Nur die eine Sulfat- sowie sämtliche Stickstoff- und Reduktionsbestimmungen beziehen sich auf Material, das an einem anderen Standort, gleichfalls in unmittelbarer Nähe von Helsingfors, eingesammelt wurde.) Die Pflanzen wurden höchstens etwa 8 Tage im Laboratorium entweder im natürlichen Standortswasser oder in künstlichem Meerwasser von 5 $^0/_{00}$ Salzgehalt aufbewahrt und der Zellsaft diesmal immer frisch oder höchstens nach ein- bis zweitägigem Stehen analysiert. Eine Trübung des Zellsaftes kam nicht vor.

Selbstverständlich wurden immer nur gesund aussehende, stark turgeszente Zellen zur Gewinnung des Zellsaftes benutzt.

Als Analysemethoden wurden hauptsächlich die von PINCUSSEN (1928) empfohlenen Mikroverfahren benutzt, teilweise unter Bezugnahme auf die in der Zeitschriftenliteratur enthaltenen Originalbeschreibungen. Es wurde K nach KRAMER und TISDALL, Na nach vorheriger Ausfällung des Magnesiums und des Calciums nach BALINT, Ca und Mg nach PINCUSSEN, Cl teils nach BANG und teils durch Titration nach VOLHARD, SO_4 nach DENIS und REED, PO_4 nach BELL und DOISY und NO_3 nach der Phenol-Schwefelsäuremethode von GRANDVAL und LAJOUX bestimmt. Durch gleichzeitige Analyse von Lösungen bekannter Zusammensetzung und ähnlicher Konzentration wie der Zellsaft wurde kontrolliert, dass keine ganz groben Fehler hinsichtlich der Ausführung der Analysen vorkamen. Doch sind Fehler bis zu etwa 10 % manchmal nicht ausgeschlossen.

Eine Übersicht der anorganischen Bestandteile des Zellsaftes verglichen mit der Zusammensetzung des umgebenden Meerwassers gibt Tabelle I. Alle Konzentrationsangaben darin sind in Milliäquivalent pro Liter ausgedrückt. Die fettgedruckten Mittelwerte und die Konzentrationsverhältniszahlen (Zellsaft : Meerwasser) beziehen sich bloss auf Analysen von Helsingforser *Chara*-Material.

Die in der Tabelle enthaltenen Angaben über die Zusammensetzung des Meerwassers bedürfen einiger Erläuterungen: Der Salzgehalt des Wassers im Finnischen Meerbusen ist ziemlich beträchtlichen Schwankungen unterworfen. Das Minimum des Salzgehaltes wird gewöhnlich im Frühjahr erreicht. Im Laufe des Sommers steigt dann der Salzgehalt unter zahlreichen unregelmässigen Schwankungen allmählich an. (Soweit bisher bekannt, betrifft die Variation in erster Linie den *totalen* Salzgehalt, wogegen das *Verhältnis* der Konzentrationen von Cl, SO_4, Na, K und Mg zueinander verhältnismässig konstant bleiben dürfte.) Um einen Begriff von der Grösse der Schwankungen der Salzkonzentration am *Chara*-Standort bei Drumsö während der betreffenden Vegetationsperiode zu bekommen, wurden zu vier verschiedenen Zeitpunkten Wasserproben dicht an den *Chara*-Pflanzen geschöpft, und zwar mit einer Flasche, die etwa 20 cm über dem Meeresboden geöffnet wurde. Diese Proben wurden der Chlortitration unterworfen und aus den gefundenen Cl-Gehalten die Gesamt-

Tabelle I.

Zusammensetzung des Zellsaftes von Chara ceratophylla verglichen mit derjenigen des Meerwassers.

	Zellsaft aus					Meerwasser	Konzentrationsverhältnis $\frac{\text{Zellsaft}}{\text{Meerwasser}}$
	Tvärminne	Helsingfors			Mittel		
K	87	82	84	99	**88**	1.4	63
Na	165	140	143		**142**	60	2.4
Ca	11	10	11		**10.5**	3.6	2.9
Mg	28	31			**31**	13	2.4
Cl	216	224	225	227	**225**	73	3.1
SO_4		7.0	8.5		**7.8**	5.6	1.4
NO_3		0.3	0.5		**0.4**	ca. 0.005	ca. 80
PO_4	4	3.9	4.1	4.2	**4.1**	Spuren	>400 (?)

salzkonzentrationen mittelst der Formel von KNUDSEN ($S = 0.030 + 1.805\ Cl$) berechnet. Das Ergebnis war:

Datum der Probeentnahme	Cl‰	Salzgehalt ‰
23. 5. 1929	2.21	4.02
19. 6. 1929	2.59	4.68
1. 7. 1929	2.59	4.68
31. 7. 1929	2.74	4.97

Am 23. Mai, als die erste Wasserprobe genommen wurde, hatte die Entwicklung der *Chara* noch nicht angefangen. Am 19. Juni waren dagegen schon etwa 10 cm lange Sprosse aus den Knoten der vorjährigen Sprosse entstanden. Später als bis Ende Juli brauchten die Veränderungen der Salzkonzentration nicht verfolgt zu werden, da die letzten Zellsaftanalysen zu dieser Zeit ausgeführt wurden.

Die in der Tabelle I unter der Bezeichnung »Meerwasser» gegebenen Analysenresultate beziehen sich auf eine Wasserprobe, die am 1. Juli 1929 am *Chara*-Standort bei Drumsö geschöpft und in derselben Weise wie die Zellsaftproben analysiert wurde. Ein Vergleich dieser Analysenresultate mit den von FORCHHAMMER (1859) ausgeführten Analysen von Wasserproben aus dem Finnischen Meerbusen zeigt, dass die von uns gefundenen relativen, d. h. auf den gleichzeitigen Cl-Gehalt bezogenen K-, Ca- und Mg-Konzentrationen ungefähr mit den von Forchhammer mitgeteilten übereinstimmen, wogegen der von uns gefundene relative SO_4-Gehalt etwas niedriger ausgefallen ist. Die in der Tabelle angegebene Nitratkonzentration des Meerwassers ist nur als eine grobe Approximation zu betrachten.

Nach mündlicher Mitteilung von Herrn Dr. KURT BUCH enthält normales Meerwasser des Finnischen Meerbusens weniger als 0.01 Milliäquivalent Phos-

phat pro Liter. Danach wäre die Phosphatkonzentration des Zellsaftes mehr als 400 mal so gross wie diejenige des Meerwassers.

Nach Analysen des hiesigen Instituts für Meeresforschung schwankte im Sommer 1928 (Mitte Mai—Mitte August) der Salzgehalt des Meerwassers bei Tvärminne zwischen 4.4 und 6.4 ‰.

Die gefundene Totalkonzentration der Anionen im Zellsaft beträgt bloss etwa 88 % der Gesamtkonzentration der Kationen. Es ist schwer zu sagen, inwieweit dieses scheinbare Defizit an Anionen auf Analysenfehler zurückzuführen ist und inwieweit es auf dem Vorkommen von organischen Anionen, auf die nicht geprüft wurde, beruht.

Aus der letzten Spalte der Tabelle I geht hervor, dass alle untersuchten Ionen in grösserer Konzentration im Zellsaft als im umgebenden Meerwasser vorkommen. Na, Mg, Ca und Cl sind etwa zwei- bis dreimal reichlicher im Zellsaft als im Meerwasser vorhanden. Noch beträchtlich stärker wird das Kalium gespeichert, dessen Konzentration im Zellsaft seine Konzentration im Meerwasser um mehr als das 60-fache übertrifft. Auch die im Meerwasser nur spurenweise vorkommenden Nitrat- und Phosphationen werden offenbar sehr stark im Zellsaft angereichert, obwohl die für diese Ionen angegebenen Proportionalitätsfaktoren keinen Anspruch auf Genauigkeit machen können. Relativ am schwächsten (nur etwa 1.4 mal) wird das Sulfation konzentriert.

Der pH-Wert des Zellsaftes wurde mittelst Bromthymolblau und Chlorphenolrot öfters bestimmt. Ohne Korrektion für den Salzfehler des Indikators oder für die schwach gelbliche Eigenfarbe des Zellsaftes ergaben sich dabei Werte, die nur wenig um 5.8 bis 5.9 herum schwankten. Das pH des Meerwassers bei Helsingfors beträgt etwa 7.7—8.2. Die H-Ionenkonzentration des Zellsaftes ist also rund 100 mal grösser als diejenige des Meerwasser.

Der Trockensubstanzgehalt einer Zellsaftprobe wurde zu 1.8 % und ihr Glührückstand zu 1.5 % bestimmt. Danach würde der Gehalt des Zellsaftes an organischen Verbindungen 0.3 % betragen. Tatsächlich kann die Menge der organischen Verbindungen kleiner gewesen sein, da sich beim Glühen des Trockenrückstandes auch ein Teil der anorganischen Bestandteile verflüchtigt haben dürfte.

Einen gewissen Begriff von dem Gehalt des Zellsaftes an organischen Bestandteilen geben auch die Bestimmungen seines Gehaltes an Stoffen, welche imstande sind, Kaliumbichromat in Gegenwart von konzentrierter Schwefelsäure zu reduzieren. Zahlreiche derartige von Dr. BÄRLUND ausgeführte Bestimmungen ergaben, dass das Reduktionsvermögen des Zellsaftes grossen Schwankungen unterworfen ist, indem 1 ccm Zellsaft zwischen 1.3 und 7.0 ccm 0.1 norm. $K_2Cr_2O_7$-Lösung entspricht. (Der Saft von frisch aus dem Meere geholten Pflanzen verbrauchte gewöhnlich mehr $K_2Cr_2O_7$ als der Saft von Exemplaren, die einige Zeit im Laboratorium aufbewahrt waren.) Zum Ver-

gleich sei erwähnt, dass 1 ccm einer 0.01 molaren (= 0.18-prozentigen) Traubenzuckerlösung etwa 2.4 ccm 0.1 norm. $K_2Cr_2O_7$-Lösung entspricht. Doch beruht das Reduktionsvermögen des Zellsaftes nicht allein auf seinem Gehalt an organischen Verbindungen. Vielmehr zeigte es sich, dass auch der unten genannte künstliche Zellsaft, der keine organischen Bestandteile enthält, pro ccm etwa 0.7 ccm $K_2Cr_2O_7$-Lösung verbraucht, was zweifellos auf seinen Chloridgehalt zurückzuführen ist.

Der durch Mikrokjeldahlbestimmung ermittelte Gesamtstickstoffgehalt des Zellsaftes (ausschliesslich des Nitratstickstoffes) schwankte bei verschiedenen Zellsaftproben (zahlreiche solche wurden untersucht) zwischen 0.004 und 0.015 %. Wenn die gesamte N-Menge als Eiweiss-N betrachtet wird, würde sich hieraus der Eiweissgehalt des Zellsaftes zu 0.025—0.094 % berechnen. Tatsächlich trübte sich der ursprünglich klare Zellsaft bei Zusatz von Phosphormolybdänsäurelösung nur sehr schwach, nicht mehr als eine mit demselben Reagenz versetzte 0.02-prozentige Gelatinelösung. (Die Gelatine war in künstlichem Zellsaft gelöst.)

Das spezifische Gewicht des Zellsaftes (bei 20° C und bezogen auf Wasser von 4°) wurde bei drei verschiedenen Zellsaftproben zu 1.0090, 1.0095 und 1.0109 bestimmt. Zum Vergleich wurde das spezifische Gewicht eines künstlichen Zellsaftes bestimmt, der durch Auflösen von 0.120 GM Natriumchlorid, 0.0846 GM Kaliumchlorid, 0.0115 GM Magnesiumchlorid, 0.0039 GM Magnesiumsulfat, 0.0053 GM Calciumchlorid und 0.0004 GM $NaNO_3$ sowie Zufügen von 20.5 ccm eines m/15 Phosphatgemisches nach Sørensen (pH = 5.8) pro Liter hergestellt wurde. (Da die Kationen und Anionen bei den Zellsaftanalysen nicht in genau äquivalenten Mengen vorgefunden wurden, konnte der künstliche Zellsaft selbstverständlich nicht genau den Analysenergebnissen entsprechend bereitet werden.) Das spezifische Gewicht des künstlichen Zellsaftes wurde gleich 1.0092 gefunden. Die Bestimmungen wurden mittelst einer kürzlich beschriebenen Mikromethode (Collander 1929) ausgeführt.

Der osmotische Wert des Zellsaftes wurde einmal durch Plasmolyse in Calciumchloridlösungen abgestufter Konzentration ermittelt. Die plasmolytische Grenzkonzentration wurde dabei gleich 0.17 GM $CaCl_2$ gefunden.

Schliesslich wurde noch die elektrische Leitfähigkeit des Zellsaftes bestimmt und mit derjenigen des künstlichen Zellsaftes sowie mit derjenigen des Meerwassers verglichen. (Benutzt wurde eine Meerwasserprobe von 4.97 $^0/_{00}$ Salzgehalt, die am 31. VII. 1929 am *Chara*-Standort bei Drumsö geschöpft war.) Es wurden bei 20°C folgende Werte erhalten:

	Spezifischer Widerstand
Natürlicher Zellsaft	44.8 ohm
Künstlicher »	43.1 »
Meerwasser	127.3 »

Die Leitfähigkeit des natürlichen Zellsaftes war also um kaum 4 % kleiner als diejenige des künstlichen Zellsaftes, dagegen fast dreimal grösser als diejenige des Meerwassers.

4. Besprechung.

Das eindrucksvollste Ergebnis der obigen Analysen ist wohl die Feststellung, dass sämtliche untersuchte Ionen im Zellsaft in bedeutend höherer Konzentration als im umgebenden Meerwasser vorkommen. Bedeutungsvoll ist dabei vor allem, dass die Ionen im Zellsaft tatsächlich in freibeweglichem Zustande vorhanden sind und nicht etwa an Kolloiden adsorbiert oder sonstwie gebunden vorkommen. Dies geht nicht nur aus der Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit des Zellsaftes hervor, sondern folgt mit ziemlicher Sicherheit auch schon aus dem Umstand, dass der Zellsaft so arm an Eiweiss und anderen organischen Verbindungen ist, dass eine Bindung der Ionen an diese organischen Bestandteile a priori höchst unwahrscheinlich ist. (Der Zellsaft enthält, wie vorhin angegeben, etwa 1.5 % Salze, dagegen höchstens etwa 0.3 % organische Bestandteile und darunter weniger als 0.1 % Eiweiss.) In dieser Hinsicht stimmen also unsere Befunde an *Chara* mit den früheren Feststellungen von Hoagland und Davis (1923—1929) an *Nitella* gut überein.

Es fragt sich nun, wie der beobachtete Konzentrationsunterschied zwischen dem Zellsaft und dem umgebenden Meerwasser zustandekommt.

Zunächst wäre vielleicht die Möglichkeit zu berücksichtigen, dass die im Zellsaft vorkommenden Salze nicht aus dem umgebenden Meerwasser aufgenommen wären, sondern durch Vermittlung der Rhizoiden aus dem Bodenschlamm, wo die Konzentration wenigstens einiger Ionen eventuell bedeutend grösser als im Meerwasser sein könnte. Diese Möglichkeit wird besonders durch die Versuche von Bierberg (1908) und von Vouk und Benzinger (1929) nahegelegt, aus denen ja hervorgeht, dass die Rhizoiden eine bedeutende Rolle bei der Nahrungsaufnahme der Charophyten spielen. Es wurde deshalb folgender Versuch ausgeführt:

In vier Diffusionshülsen aus Pergamentpapier (Schleicher & Schüll N:o 579) wurden je 8—10 g des von *Chara*-Rhizoiden durchsetzten Schlammes vom *Chara*-Standort bei Drumsö eingefüllt. Die Hülsen wurden in kurze Reagenzgläser eingeführt, in denen sich 3—4 ccm der folgenden mit Thymol gesättigten Lösungen befand: Glas I künstlicher Zellsaft von oben (S. 11) angegebener Zusammensetzung, Glas II dieselbe Lösung 2-fach verdünnt, Glas III künstlicher Zellsaft 4-fach verdünnt und Glas IV künstlicher Zellsaft 8-fach verdünnt. Nachdem die Gläser gut verschlossen 4 Tage gestanden hatten, wurde die Aussenlösung in jedem Glase in bezug auf Cl und K analysiert. Dabei wurden die unten angegebenen Konzentrationen (in Milliäquivalent pro Liter ausgedrückt) gefunden:

	Glas I		Glas II		Glas III		Glas IV	
	Cl	K	Cl	K	Cl	K	Cl	K
anfangs	238	88	119	44	60	22	30	11
nach 4 Tagen	134	23	95	11	78	6	70	4

Aus diesem Versuch geht hervor, dass der Bodenschlamm in Gleichgewicht steht mit einer Lösung, deren Cl-Konzentration kleiner als 95 und deren K-Konzentration kleiner als 4 Milliäquivalent pro Liter ist. Im Zellsaft ist ja dagegen die Cl-Konzentration durchschnittlich gleich 225 und die K-Konzentration gleich 88 Milliäquivalent pro Liter. Man sieht also, dass nicht nur im Meerwasser, sondern auch in dem Schlamm, aus dem die *Chara*-Rhizoiden Nahrung aufnehmen, die Konzentration der untersuchten Ionen viel niedriger als im Zellsaft ist.

Man könnte nun vielleicht annehmen, dass die Speicherung der anorganischen Salze in prinzipiell ähnlicher Weise wie die seit PFEFFER bekannte Speicherung basischer Farbstoffe in lebenden Zellen geschehe. Nach den bisherigen Untersuchungen zu urteilen, kann die vitale Farbstoffspeicherung im Zellsaft auf zwei wesentlich verschiedene Weisen erfolgen. Bisweilen werden die Farbstoffe an irgendwelche organische Kolloide gebunden (z. B. SCARTH 1926). Diese Erklärungsmöglichkeit kommt, wie gesagt, für die Salzspeicherung in den *Chara*-Zellen kaum in Betracht. In anderen Fällen scheint die Speicherung der basischen Farbstoffe dadurch zustandezukommen, dass die leicht permeierenden Farbstoffbasen als undissoziierte Moleküle in den Zellsaft eindringen und hier unter Bildung permeierunfähiger Ionen dissoziieren (z. B. IRWIN 1926). In analoger Weise können Ionen auch in einer aus Kollodium hergestellten »künstlichen Zelle» angereichert werden (NORTHROP 1929). Es ist in der Tat kaum zu bezweifeln, dass NH_4-Ionen eben auf diesem Wege im Zellsaft der *Chara*-Zellen angereichert werden, obwohl infolge der äusserst geringen NH_3-Konzentration des Meerwassers auch die NH_4-Ionenkonzentration des Zellsaftes recht niedrig bleibt. Was aber die übrigen Ionen des *Chara*-Zellsaftes betrifft, ist es ziemlich schwer einzusehen, in Form von welchen Molekülen sie aus dem Meerwasser ins Zellinnere eindringen könnten. Es ist also jedenfalls nicht wahrscheinlich, dass die Salzanreicherung im Zellsaft analog der vitalen Farbstoffspeicherung zu erklären ist.

Wie findet aber dann der Transport der Ionen aus der verdünnteren Aussenlösung in den konzentrierteren Zellsaft statt? Unsere bisherigen Kenntnisse reichen nicht aus, um diese Frage sicher zu beantworten. Wir müssen uns deshalb hier damit begnügen, einige Möglichkeiten kurz anzudeuten.

Eine Erklärungsmöglichkeit ergibt sich aus gewissen neueren Erwägungen und Befunden der Kieler physiologischen Schule. Wie NETTER (1928) hervorhebt, müssen im Zellstoffwechsel gebildete H-Ionen bei selektiver Kationenpermeabilität der Plasmahaut teilweise gegen permeierfähige Kationen der

Aussenlösung ausgetauscht werden, wodurch eine Speicherung der letztgenannten Ionen im Zellinnern zustandekommt.[1] Bei selektiver Anionenpermeabilität könnten in entsprechender Weise im Stoffwechsel gebildete Anionen gegen im Aussenmedium vorhandene Anionen ausgetauscht werden. Höber (R. und J. Höber 1928, Höber und Hoffmann 1928) denkt sich nun ferner die Möglichkeit, die Plasmahaut (von *Valonia macrophysa*) wäre so aufgebaut, dass sie ein Mosaik selektiv kationenpermeabler und selektiv anionenpermeabler Flächenstücke bildet Dies angenommen, liesse sich denken, dass sowohl die Kationen wie auch die Anionen des Aussenmediums auf dem Wege des Ionenaustausches im Zellsaft angereichert werden könnten und zwar — wenn das definitive Gleichgewicht noch nicht erreicht ist — in Mengen, die den relativen Permeierfähigkeiten der einzelnen Ionenarten entsprechen. (Vgl. S. C. Brooks 1929.) Die Fähigkeit der Ionen, durch das lebende Protoplasma zu permeieren, scheint aber von der Grösse ihres aus der Ionenbeweglichkeit berechneten scheinbaren Ionenvolumens bedingt zu sein (Collander 1925, R. u. J. Höber l. c.). Mit dieser Anschauung stimmt es gut überein, dass bei *Chara* wie auch bei den anderen in dieser Hinsicht untersuchten Zellarten eben die infolge ihres verhältnismässig geringen Ionenvolumens besonders leicht permeierenden K-Ionen unter den verschiedenen Kationen am stärksten gespeichert werden. Auch die Tatsache, dass die leichter permeierenden Cl-Ionen stärker als die schwer permeierenden SO_4-Ionen im Zellsaft angereichert werden, harmoniert gut mit der in Rede stehenden Hypothese. Dagegen tritt der theoretisch zu erwartende Unterschied zwischen Na einerseits sowie Mg und Ca andererseits in unserem Analysenergebnis nicht hervor. Der Umstand, dass die Nitrat- und Phosphationen scheinbar noch stärker als die Cl-Ionen im Zellsaft von *Chara* angereichert werden, ist gleichfalls vom Standpunkt der in Frage stehenden Hypothese unerwartet, kann aber vielleicht durch die Hilfsannahme erklärt werden, dass in dem aus sich zersetzenden Pflanzenresten bestehenden Bodenschlamm die Nitrat- und Phosphatkonzentrationen womöglich erheblich grösser als im Meerwasser seien. Auch erscheint es nicht undenkbar, dass die absolut genommen immerhin recht kleinen Nitrat- und Phosphatmengen des Zellsaftes zum Teil irgendwie organisch gebunden sind. — Jedenfalls sind noch weitere Experimente nötig, ehe man entscheiden kann, ob die oben angedeutete, gewiss sehr beachtenswerte Erklärung für die Ionenspeicherung in lebenden Zellen auf die *Chara*-Zellen anwendbar ist.

Andere Erklärungsmöglichkeiten für die Salzanreicherung im Zellsaft ergeben sich, wenn wir annehmen, dass die Ionenaufnahme auf einer aktiven

---

[1] Diese Annahme erscheint plausibler als diejenige von Osterhout (1926), wonach das Kalium in Form von KOH-Molekülen durch die Plasmahaut permeieren soll.

Tätigkeit der Protoplasten unter Ausnützung etwa der bei der Atmung freigemachten Energie beruht. Die grosse Bedeutung eines solchen aktiven Stofftransportes — der sog. »adenoiden Tätigkeit» der Protoplasten — ist bereits von OVERTON (1896, 1899) nachdrücklich hervorgehoben worden. Als ein Beispiel der Mechanismen, welche bei diesem Prozess wirksam sein könnten, sei auf den von STRAUB (1929) hypothetisch fürs Hühnerei skizzierten Modus der Ionenaufnahme hingewiesen. Auch sei daran erinnert, dass, wie HOAGLAND und DAVIS nachwiesen, die Lichtenergie direkt oder indirekt an der Ionenspeicherung der *Nitella*-Zellen beteiligt ist.

Mangels tatsächlicher Kenntnisse wollen wir die angedeuteten Hypothesen jedoch nicht weiter ausspinnen. Statt dessen soll zum Schluss der Zellsaft von *Chara ceratophylla* mit demjenigen der anderen in dieser Hinsicht untersuchten Pflanzenzellen verglichen werden.

Quantitative chemische Analysen des Zellsaftes liegen bisher für Vertreter nur zweier Familien vor: der Valoniaceen und der Characeen. Unter den Valoniaceen sind untersucht: 1) *Valonia utricularis* von A. MEYER (1891) und HANSEN (1893), 2) V. *macrophysa* von WODEHOUSE (1917) und OSTERHOUT (1922b) auf Bermuda, von COOPER und BLINKS (1928) bei Tortugas (Florida) sowie von R. und J. HÖBER (1928) in Neapel, 3) *V. ventricosa* von COOPER und BLINKS (1928) und 4) *Halicystis* sp. (ursprünglich als *V. ventricosa* bestimmt) von OSTERHOUT und DORCAS (1925). Unter den Characeen war bisher bloss *Nitella clavata* von HOAGLAND und DAVIS (1923 und 1929) genau untersucht. Die Valoniaceen sind Meeresalgen, *Nitella clavata* ist dagegen eine Süsswasserart. *Chara ceratophylla* ist somit der erste untersuchte Brackwasserorganismus.

Ein Vergleich der untersuchten Zellsäfte geschieht am besten an der Hand der Tabelle II. Die Konzentrationen der einzelnen Ionen sind darin teils — in den mit »absolut» überschriebenen Stäben — in Milliäquivalent pro Liter angegeben, teils ist — in den mit »relativ» bezeichneten Stäben — das Verhältnis der Konzentration des betreffenden Ions im Zellsaft zu seiner Konzentration im umgebenden Wasser angegeben.

Valonia utricularis ist in der Tabelle nicht aufgenommen, da die diesbezüglichen Analysenergebnisse von MEYER und HANSEN einander widersprechen. Für *Halicystis* wurden die hier mitgeteilten Zahlen berechnet aus den Daten von OSTERHOUT und DORCAS auf Grund ihrer Angabe, dass das Meerwasser 0.59 GM und der Zellsaft 0.626 GM Halogenide enthält. Die Daten für *Valonia macrophysa* sind nach den Angaben von OSTERHOUT berechnet, mit denen die Analysenergebnisse der übrigen Autoren gut übereinstimmen. Die Zahlen für *Nitella* sind der Arbeit von HOAGLAND und DAVIS aus dem Jahre 1923 entnommen.

Tabelle II.

Zusammensetzung des Zellsaftes von Halicystis sp., Valonia ventricosa, V. macrophysa, Chara ceratophylla und Nitella clavata.

	Halicystis		*V. ventricosa*	*V. macrophysa*		*Chara*		*Nitella*	
	absolut	relativ	absolut	absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ
K	16	1.3	587	515	43	88	63	54.3	∞
Na	581	1.1	35[1]	90	0.19	142	2.4	10.0	46
Ca	17	0.70	Spuren	3.4	0.15	10.5	2.9	20.5	13
Mg	31	0.27	Spuren	Spuren		31	2.4	35.4	10
Cl(+Br)	626	1.1	620	597	1.1	225	3.1	90.7	100
SO_4	Spuren?		Spuren	1.0	0.0015	7.8	1.4	16.7	26
NO_3	vorhanden			vorhanden		0.4	ca. 80	0	0
PO_4						4.1	>400 (?)	3.7	870

Die Tabelle zeigt, dass gewisse Züge allen fünf Organismen gemeinsam sind. Betrachten wir zuerst die absoluten Ionenkonzentrationen, so finden wir dass das Cl-Ion unter den Anionen immer eine durchaus dominierende Stellung einnimmt, indem es bei *Nitella* 82 %, bei *Chara* 95 % und bei den Valonien und *Halicystis* wohl mehr als 99 % der analytisch nachgewiesenen Anionenäquivalente bildet. Unter den Kationen wiederum dominieren entweder K oder Na, welche zusammen bei *Nitella* 54 %, bei *Chara* 85 % und bei den Valonien und *Halicystis* wohl mehr als 99 % der Gesamtkationenäquivalente bilden. Betrachten wir dann die relativen Ionenkonzentrationen (also die Konzentration im Zellsaft dividiert durch die Konzentration in der Aussenlösung), so sehen wir, dass — wenn wir von den mangelhaft untersuchten Nitrat- und Phosphationen absehen — das Kaliumion bei allen fünf Arten relativ am stärksten angereichert wird. Dann folgt — allerdings erst in weitem Abstand — das Chlorion. Dagegen gehören Mg und SO_4 sowie — bisweilen allerdings weniger ausgesprochen — Ca (also sämtliche zweiwertigen Ionen) zu den nicht oder jedenfalls am schwächsten angereicherten Ionen. Na nimmt im allgemeinen eine Mittelstellung ein.

Vergleicht man die fünf Organismen unter sich, so findet man, dass *Halicystis* unter ihnen eine Ausnahmestellung einnimmt, insofern als bei dieser Alge keine Ionen (auch nicht das K-Ion) besonders stark gespeichert werden, vielmehr sämtliche Ionenarten in kleineren oder nur wenig grösseren Konzentrationen als im umgebenden Meerwasser vorkommen.

Die vier übrigen Objekte zeigen hinsichtlich der Zusammensetzung ihres Zellsaftes eine grössere Übereinstimmung unter sich, und zwar nimmt *Chara*

[1] Im Original steht 0.35 Mol, was jedoch wahrscheinlich ein Druckfehler ist.

deutlich eine Mittelstellung zwischen *Nitella* einerseits und den beiden einander sehr ähnlichen *Valonia*-Arten andererseits ein. Beschränken wir uns auf diese drei Gattungen, so können wir feststellen, dass die relative Konzentration bei sämtlichen untersuchten Ionen mit Ausnahme von NO_3 am grössten bei *Nitella* und am kleinsten bei *Valonia* sind, während die Werte für *Chara* dazwischen liegen. Damit stimmt überein, dass die elektrische Leitfähigkeit des Zellsaftes bei *Valonia macrophysa* 1.2 mal, bei *Chara* 2.8 mal und bei *Nitella* 25 mal grösser als die Leitfähigkeit des umgebenden Mediums ist. Diese Unterschiede dürften zum grossen Teil darauf zurückzuführen sein, dass *Nitella* ein Süsswasser-, *Chara ceratophylla* ein Brackwasser- und *Valonia* ein Meerwasserorganismus ist. Jedenfalls leuchtet es ein, dass ein Meeresorganismus unmöglich die Salze des umgebenden Mediums 25-fach konzentriert speichern könnte, wie dies bei der Süsswasseralge *Nitella* geschieht. Die absolute Konzentration des Zellsaftes nimmt dagegen ab in der Reihenfolge: *Valonia* > *Chara* > *Nitella*.

Bei *tierischen* Zellen kommt ja ein vom Zytoplasma deutlich abgegrenzter Zellsaft im allgemeinen nicht vor. Doch geht aus den Untersuchungen von Bialaszewicz (1929) hervor, dass die intermicellare Flüssigkeit der tierischen Eizellen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung grosse Ähnlichkeit mit dem Zellsaft pflanzlicher Zellen hat. So z. B. nimmt das K in beiden Fällen dieselbe dominierende Stellung unter den Kationen ein. Es liegt also nahe anzunehmen, dass die Ionenaufnahme bei pflanzlichen und tierischen Zellen auf einen ähnlichen Mechanismus zurückzuführen ist.

Zusammenfassung.

Aus den bis 40 mm^3 Zellsaft enthaltenden Blattzellen von *Chara ceratophylla* Wallr. lässt sich der Zellsaft leicht in reinem Zustand gewinnen. Die genannten Zellen eignen sich daher für solche Permeabilitätsbestimmungen, bei denen die permeierten Stoffmengen durch chemische Analyse des Zellsaftes direkt bestimmt werden.

In der vorliegenden Arbeit wurde die normale Zusammensetzung des Zellsaftes dieser Zellen untersucht und mit derjenigen des natürlichen Standortswassers (ausgesüsstes Meerwasser von 0.4—0.5 % Salzgehalt) sowie mit der Zusammensetzung der früher untersuchten Zellsäfte anderer Pflanzen verglichen.

Wie aus Tabelle II (S. 16) hervorgeht, steht der Zellsaft von *Chara ceratophylla* seiner Zusammensetzung nach etwa in der Mitte zwischen den früher untersuchten Zellsäften von *Valonia macrophysa* und *Nitella clavata*. Alle untersuchten Ionen kommen im Zellsaft von *Chara* in grösserer Konzentration als im umgebenden Standortswasser vor. Der Gesamtsalzgehalt des Zell-

saftes beträgt etwa 1.5 %. Da der Zellsaft dagegen recht wenig Eiweiss (<0.1 %) und sonstige organische Verbindungen (höchstens ca. 0.3 %) enthält, können die Salze nicht an diese Bestandteile gebunden sein, was auch aus der grossen elektrischen Leitfähigkeit des Zellsaftes hervorgeht. Durch Kompensationsdialyse wurde gezeigt, dass auch nicht der Bodenschlamm, aus dem die *Chara*-Pflanzen vermutlich einen Teil ihrer Nahrung aufnehmen, annähernd so grosse Salzkonzentrationen wie der Zellsaft enthält. Offenbar werden also die Salze aus einer verdünnteren Aussenlösung in den konzentrierteren Zellsaft transportiert. Einige Möglichkeiten, diesen Transport zu erklären, werden besprochen.

Fast alle in vorliegender Arbeit mitgeteilten Mikroanalysen sind von Herrn mag. phil. HARALD TÖTTERMAN ausgeführt, dem ich für seine sorgfältige Arbeit meinen aufrichtigen Dank ausspreche. Ebenso bin ich den Beamten am Institut für Meeresforschung, Herrn Dr. KURT BUCH, Herrn mag. phil. GUNNAR GRANQVIST und Fräulein cand. phil. STINA GRIPENBERG für gütigst mitgeteilte Auskünfte sehr dankbar.

Helsingfors, Botanisches Institut der Universität, Dezember 1929.

Zitierte Literatur.

Białaszewicz, K., 1929, Recherches sur la répartition des électrolytes dans le protoplasme des cellules ovulaires. Protoplasma **6**, 1—50.

Bierberg, W., 1908, Die Bedeutung der Protoplasmarotation für den Stofftransport in den Pflanzen. Flora **99**, 52—80.

Brooks, S. C., 1929, The accumulation of ions in living cells — a nonequilibrium condition. Protoplasma **8**, 389—412.

Collander, R., 1925, Über die Durchlässigkeit der Kupferferrozyanidmembran für Säuren nebst Bemerkungen zur Ultrafilterfunktion des Protoplasmas. Kolloidchem. Beih. **20**, 273—287.

—»— 1929, Eine vereinfachte Mikromethode zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes von Flüssigkeiten. Protoplasma **8**, 440—442.

Cooper jr, W. C. und L. R. Blinks, 1928, The cell sap of *Valonia* and *Halicystis*. Science (N. Y.) **1928** II, 164—165.

Forchhammer, G., 1859, Om Søvandets Bestanddele og deres Fordeling i Havet. Indbydelseskr. til Kjøbenhavns Univers. Fest i Anledn. av H. M. Kongens Fødselsdag.

Hansen, A., 1893, Über Stoffbildung bei den Meeresalgen. Mittheil. Zoolog. Stat. Neapel **11**, 255—305.

Hoagland, D. R. und A. R. Davis, 1923, The composition of the cell sap of the plant in relation to the absorption of ions. Journ. gen. physiol. **5**, 629—646.

—»— 1923, Further experiments on the absorption of ions by plants. Ibid. **6**, 47—62.

—»— 1929, The intake and accumulation of electrolytes by plant cells. Protoplasma **6**, 610—626.

Hoagland, D. R., P. L. Hibbard und A. R. Davis, 1926, The influence of light, temperature, and other conditions on the ability of *Nitella* cells to concentrate halogens in the cell sap. Journ. gen. physiol. **10**, 121—146.

Höber, R. und J., 1928, Beobachtungen über die Zusammensetzung des Zellsaftes von *Valonia macrophysa*. Pflügers Arch. **219**, 260—272.

Höber, R. und Fr. Hoffmann, 1928, Über das elektromotorische Verhalten von künstlichen Membranen mit gleichzeitig selektiv kationen- und selektiv anionendurchlässigen Flächenstücken. Ibid. **220**, 558—564.

Irwin, M., 1926, Mechanism of the accumulation of dye in *Nitella* on the basis of the entrance of the dye as undissociated molecules. Journ. gen. physiol. **9**, 561—573.

Meyer, A., 1891, Notiz über die Zusammensetzung des Zellsaftes von *Valonia utricularis*. Ber. d. D. bot. Ges. **9**, 77—79.

Migula, W., 1897, Die Characeen. Rabenhorsts Kryptogamenflora. 2. Aufl. Bd. 5. Leipzig.

Netter, Hans, 1928, Über die Elektrolytgleichgewichte an elektiv ionenpermeablen Membranen und ihre biologische Bedeutung. Pflügers Arch. **220,** 107—123.

Northrop, John H., 1929, Unequal distribution of ions in a collodion cell. Journ. gen. physiol. **13,** 21—25.

Osterhout, W. J. V., 1922 a, Direct and indirect determinations of permeability. Ibid **4,** 275—283.

—»— 1922 b, Some aspects of selective absorption. Ibid. **5,** 225—230.

—»— 1926, The behavior of electrolytes in *Valonia*. Proc. soc. exper. biol. and med. **24,** 234—237.

Osterhout, W. J. V. und M. J. Dorcas, 1925, Contrasts in the cell sap of *Valonias* and the problem of flotation. Journ. gen. physiol. **7,** 633—640.

Overton, E., 1896, Über die osmotischen Eigenschaften der Zelle in ihrer Bedeutung für die Toxikologie und Pharmakologie. Vierteljahrsschr. d. Naturforsch. Gesellsch. Zürich **41,** 383—406.

—»— 1899, Über die allgemeinen osmotischen Eigenschaften der Zelle usw. Ibid. **44,** 88—135.

Pincussen, L., 1928, Mikromethodik. 4. Aufl. Leipzig.

Scarth, G. W., 1926, The mechanism of accumulation of dyes by living cells. Plant Physiology **1,** 215—229.

Straub, J., 1929, Der Unterschied in osmotischer Konzentration zwischen Eigelb und Eiklar. Rec. trav. chim. des Pays-Bas **48,** 49—82.

Vouk, V. und F. Benzinger, 1928, Some preliminary experiments on physiology of *Charophyta*. Acta bot. inst. bot. univ. zagrebensis **4,** 1—13.

Wodehouse, R. P., 1917, Direct determinations of permeability. Journ. biol. chem. **29,** 453—458.

ACTA BOTANICA FENNICA 7
EDIDIT
SOCIETAS PRO FAUNA ET FLORA FENNICA

BEITRÄGE
ZUR
EDAPHISCHEN ÖKOLOGIE DER VEGETATION FINNLANDS

VON

WIDAR BRENNER

I. KALKBEGÜNSTIGTE MOORE, WIESEN UND WIESENWÄLDER

VORGELEGT AM 8. FEBRUAR 1930

HELSINGFORSIAE 1930

HELSINGFORS
1 9 3 0
DRUCK VON A.-G. F. TILGMANN

Inhalt.

Seite

Vorbemerkungen 5
Methodik 10
Der Bodenkalk in Finnland 18
Vegetations- und Standortsuntersuchungen 24
I. Niedermoore 24
Braunmoore 26
Sphagnum-Niedermoore 34
Nackte Niedermoore 38
Besprechung 40
II. Wiesen und Wiesenwälder auf Åland 44
Sesleria-Wiesen 44
Krautwiesen 49
Wiesenwälder 51
Haselgebüsche 53
Anhang: Wiesenwälder aus Nyland 56
Besprechung 60
III. Wiesenwälder aus Ladoga-Karelien 66
Besprechung 71
IV. Sonstige Wiesenwälder 74
Besprechung 80
Überblick der Kalkfrage 82
Literaturverzeichnis 93

Vorbemerkungen.

Im Jahre 1919 nahm die damalige agrogeologische Abteilung der Geologischen Kommission in Finnland, die später als staatliches Bodenforschungsinstitut selbständig wurde, auf ihr Program, einige, für die Pflanzen wichtige Bodeneigenschaften und die Abhängigkeit der Vegetation von denselben zu studieren. Als erstes Resultat dieser Studien, die dem Unterzeichneten übertragen wurden, erschien im Jahre 1921 eine Abhandlung mehr orientierender Art: »Studier över vegetationen i en del av västra Nyland och dess förhållande till markbeskaffenheten» (Studien über die Vegetation im westlichen Nyland (Süd-Finnland) und ihr Verhältnis zu den Eigenschaften des Bodens), wo die wichtigsten in Süd-Finnland vorkommenden Pflanzenvereine und Vegetationstypen beschrieben und ihre grössere oder geringere Abhängigkeit von einigen leicht zu bestimmenden Bodenfaktoren, in erster Linie der geologischen Beschaffenheit und Feuchtigkeit des Bodens, in Angriff genommen wurden. Schon 1920 erfuhren diese Studien eine Erweiterung und zwar sowohl in der Hinsicht, dass Vegetationstypen aus verschiedenen Teilen Finnlands mitgenommen, als auch besonders dadurch, dass einige Bodenfaktoren einer eingehenden Untersuchung unterzogen wurden. Diese waren: der Gehalt des Bodens und der verschiedenen Bodenschichten an leichtlöslichen Pflanzennährstoffen, ganz besonders aber die Reaktionsverhältnisse des Bodens, die mit den modernen elektrometrischen und colorimetrischen Methoden gemessen, damals die Biologen immer mehr zu interessieren begannen. Der Untersuchungsplan gestaltete sich wie folgt:

Meine erste Arbeitsaufgabe war, festzustellen, *welche Aciditäts- oder Alkalinitätsgrade, durch den gewöhnlichen Wasserstoffexponenten* p^H *ausgedrückt, im Substrate der verschiedenartigen Pflanzenvereine vorkamen.* Es galt also so viele Vegetationstypen wie möglich aus verschiedenen Teilen des Landes zu untersuchen. Eine solche extensive Arbeitsweise ist auch die einzig richtige, wenn es gilt einen Faktor, von dem man in einem Lande noch nichts weiss, zu studieren.

Diese Untersuchung schien mir wert in zwei Richtungen vertieft zu werden: Erstens müsste man sich von dem Wert und der Bedeutung der gefundenen aktuellen p^H-Zahlen eine Auffassung verschaffen. Es ist nämlich mit

der Reaktion nicht so einfach wie z. B. mit einem gefundenen Ca-Gehalt, der ein für allemal dem Standorte eigen ist. Die Reaktion eines Bodens ist zwar in vielen Fällen sehr stabil, in anderen aber durch die geringsten Ursachen innerhalb weiter Grenzen veränderlich, so dass gegebenenfalls nicht so viel die gefundene p^H-Zahl, als eher eine gewisse Variationsamplitude der Reaktion von Bedeutung ist. Dadurch dass man die Reaktionsveränderungen eines Bodens nach Zusatz von kleinen Mengen Säure oder Alkali verfolgt, bekommt man die, meiner Meinung nach unerlässlichen Kenntnisse von der Stabilität der Reaktion, die für die Vegetation ausserordentlich wichtig sein kann. Dem Studium dieser Verhältnisse widmete ich ziemlich viel Interesse.

Ist man einmal darüber im klaren, welchen Wert den Reaktionszahlen beizumessen ist, so lohnt es sich, die Untersuchung in einer zweiten Richtung auszubauen. Durch eine genügend grosse Zahl von Bestimmungen, die sich auf einen und denselben Associationstypus, beziehen, kann man studieren, welche Variationen der Reaktion des edaphischen Standortes der gegebene Pflanzenverein überhaupt zulässt, d. h. welche Standortsamplitude in bezug auf die Reaktion der Association eigen ist. Es war zu erwarten, dass die Pflanzenvereine ebenso wie die Arten, sich in dieser Hinsicht sehr verschieden verhalten, dass nämlich einige eine weite, andere eine enge Amplitude haben, was ja auch für mehrere Arten gezeigt worden ist.

Aus praktischen Gründen haben sich die Forscher auf dem ökologischen Gebiete meist auf das Studium nur eines Faktors beschränkt. Hierdurch entsteht leicht eine einseitige Überschätzung eben des studierten Faktors; der Zusammenhang, in welchem dieser zu den übrigen Faktoren steht, bleibt unbekannt. Es schien mir deshalb erwünscht, einige andere Untersuchungen mit denselben Bodenproben vorzunehmen, die zur Reaktionsbestimmung dienten.

Da ja die Reaktion von der chemischen Zusammensetzung des Bodens bedingt ist, lag es nahe, *die Mengen an leichtlöslichen Mineralstoffen zu ermitteln*, die ja auch für die Vegetation als Nährstoffe wichtig sind. An diese Analysen schliessen sich Bestimmungen vom Total-Stickstoff und Humussubstanz, sowie bisweilen von Kohlendioxyd an.

In Beziehung zur Reaktion steht weiter auch die mikrobiologische Umsetzung des Stickstoffs im Boden, Vorgänge die für die Vegetation als besonders wichtig anerkannt worden sind. Da die wilden Pflanzen ebenso wie die angebauten grosse Mengen Stickstoff nötig haben, die nicht durch Düngung zugeführt werden, und dieser Bedarf ohne die Quelle des atmosphärischen Stickstoffs nicht gefüllt werden kann, erscheint das durch Mikroorganismen bewirkte stickstoff-fixierende Vermögen verschiedener Böden als ein für die Vegetation überaus wichtiger Faktor, der vielleicht bisher nicht gebührend beachtet worden ist. Ein Studium über *die Möglichkeiten zur Stickstoffbin-*

dung in den Böden der verschiedenen Pflanzengesellschaften schien mir also der Mühe wert.

Die Umwandlung des in organischer Form im Boden vorhandenen Stickstoffs in Ammoniak ist zweifelsohne auch ein für die Pflanzen wichtiger Vorgang. Leider kam diese Frage nicht zur Untersuchung. Dagegen habe ich der *Nitrifizierung in den Böden verschiedener Pflanzengesellschaften* Interesse gewidmet.

Hauptsächlich im Sommer 1921 wurden Felduntersuchungen gemacht und Bodenproben genommen, die sich auf annähernd natürliche Vegetationstypen, Moore, Wiesen und Wälder bezogen. Schon anfangs waren einige Ackerbodenproben auf ihre Reaktion mitgeprüft worden. Die praktische Orientierung der Untersuchungsanstalt brachte es bald mit sich, dass ein Studium der Kulturböden hinsichtlich ihrer Reaktion als dringender schien.[1]) Gleichzeitig mit diesen Reaktionsuntersuchungen wurden auch Ackerböden, wenn auch nicht konsequent, auf ihre Stickstoffbindung und Nitrifizierung geprüft.[2]) So kam es, dass die Studien mit allgemein ökologischen Fragestellungen, obwohl im Jahre 1923 schon grösstenteils in Manuskript vorhanden, zur Seite geschoben wurden.[3]) Solche Untersuchungen und zwar über s. g. kalkliebende Vegetationstypen, den Kalkgehalt und die Reaktion ihrer Böden wurden erst in den Sommern 1924—25 während kurzer Zeit wieder aufgenommen. Wiesenuntersuchungen wurden auch im Sommer 1926 in Limingo ausgeführt.

Als ich diese Studien begann, konnte man in Finnland kaum von empirischen ökologischen Untersuchungen reden. Auch in den skandinavischen Nachbarländern war nur wenig auf diesem Gebiete gearbeitet worden. Vor allem sind die Arbeiten von Hesselman (1917) in Schweden zu erwähnen, die den wichtigen biotischen Bodenfaktor, die Nitrifizierung, behandelten und einen deutlichen Zusammenhang zwischen vielen Vegetationstypen und diesem Vorgang zutage brachten. An das Problem der Bodenreaktion waren verschiedene Forscher teils mit landwirtschaftlichen, teils autökologischen Fragestellungen herangetreten, z. B. in U.S.A. Gillespie (1916), Sharp and Hoagland (1916), Wherry,[4]) u. a., in Holland Hudig en Sturm (1919), in Dänemark Bjerrum og Gjaldbeck (1919). Bald erschien auch die Abhand-

[1]) Über Publikationen, die sich auf diese Gegenstände beziehen, siehe das Literaturverzeichnis (Brenner, 1921 b, 1926 a, 1927 a).

[2]) Brenner (1924 b, 1926 b, 1927 c).

[3]) Einige Ergebnisse habe ich in zwei Vorträgen mitgeteilt (Brenner 1922 a u. b).

[4]) Mehrere ökologische Aufsätze vom Jahre 1916 an.

lung von O. Arrhenius (1920) »Ökologische Studien in den Stockholmer Schären», die auf meine eigenen Arbeiten stimulierend gewirkt hat.

Später, während meine Untersuchungen im Gange oder die Feldarbeiten schon im wesentlichen abgeschlossen waren, ist die Literatur, die sich mit der Bodenreaktion befasst, ausserordentlich angeschwollen. Unter Arbeiten, welche die Reaktion vom ökologischen Gesichtspunkte behandeln, seien noch erwähnt: Carsten Olsen aus Dänemark, Gaarder und Hagem (1921) sowie Christophersen aus Norwegen, Hesselman (1926) aus Schweden, Atkins und Salisbury aus England, Kurz und Kelley in U. S. A., Frank aus Deutschland, F. Chodat, Braun-Blanquet und Jenny aus der Schweiz, Wlodek und Strzermiensky aus Polen, Nemec u. Kvapil sowie Zlatnik (1925) aus der Tschechoslovakei, Rühl aus Estland u. s. w. Auch in Finnland haben andere Autoren in jüngster Zeit Arbeiten veröffentlicht, die, sei es durch die Reaktion, sei es durch andere Bodenfragen mein Untersuchungsgebiet berühren. So hat Valmari zahlreiche chemische Bodenanalysen aus verschiedenen, meist Waldgesellschaften, veröffentlicht, Warén schreibt über die botanische Entwicklung der Moore mit Berücksichtigung der chemischen Zusammensetzung des Torfes, Kotilainen über die Beziehungen zwischen der Pflanzendecke der Moore und der Beschaffenheit, besonders der Reaktion des Torfbodens, Aaltonen behandelt den Aziditätsgrad (1925) und die Stickstoffsumsetzungen (1926) des Waldbodens. Auch die Publikation Pesolas »Kalsiumkarbonaatti kasvimaantieteellisenä tekijänä Suomessa» (Calcium carbonate as a factor in the distribution of plants in Finland) berührt meine Arbeit am nächsten.

Die schnelle Entwicklung der ökologischen Forschung, die aus diesen Literaturangaben spricht, lässt meine Untersuchungen, die ich aus Mangel an Zeit und Arbeitsfrieden erst jetzt veröffentlichen kann, vielleicht als etwas veraltet erscheinen. Dies kann möglicherweise den Bestandesaufnahmen gelten, wo die Soziabilität der Arten nicht beachtet wurde. Da ein Studium der Assoziationen selbst nicht Hauptzweck war, dürfte dies nicht zu schwer wiegen. Die Bestimmung der leichtlöslichen Nährstoffe in 4-prozentigen HCl-Auszügen ist nicht ideal. Um einen Vergleich mit früheren Analysen zu ermöglichen, wurde sie bis zum Ende beibehalten. Die Reaktionsbestimmungen wurden doppelt, sowohl colorimetrisch als elektrometrisch nach der Wasserstoff-Methode ausgeführt. Dies ist zwar nicht das heutzutage gewöhnliche Verfahren. Es ist jedoch an Sicherkeit der modernen Kinhydron-Methode eher überlegen.

Am meisten leiden natürlich die Ergebnisse selbst durch die verspätete Veröffentlichung. Ich gebe deshalb meine Studien in abgekürzter Form wieder. Die Abkürzungen berühren vorzugsweise die allgemeinen Besprechungen, bei denen manches nicht mehr neu ist. Meine Publikation bekommt hier-

durch mehr den Charakter einer Zusammenstellung von Material, das zu gunsten der einen oder anderen Auffassung spricht und deshalb immer seinen Wert behält.

Das Material wäre am natürlichsten in Wälder, Moore, Wiesen behandelnde Abschnitte aufzuteilen. So wird auch im folgenden geschehen. Nur nimmt die s. g. Kalkvegetation eine Sonderstellung ein, wegen des grossen Interesses, das die Kalkfrage immer noch in der Ökologie beansprucht. Da diese Untersuchung grösstenteils auch zeitlich von den übrigen gesondert ausgeführt wurde, soll im ersten Teil dieser Arbeit von einigen *kalkbegünstigten Mooren, Wiesen und Wiesenwäldern* die Rede sein. Weitere Publikationen, die einige andere Wälder und Wiesen behandeln, werden, hoffe ich, bald folgen.

An dieser Stelle sei es mir gestattet, dem Chef des staatlichen Instituts für Bodenforschung Herrn Professor Dr. Benj. Frosterus für vielfache freundliche Unterstützung herzlich zu danken. Herrn Dr. Harald Lindberg bin ich für die Bestimmung einiger mitgebrachter *Sphagnum*-proben zum besten Dank verpflichtet. Für die sprachliche Korrektur danke ich Herrn Dr. C. E. Wegmann herzlich.

Methodik.

Vegetationsaufnahme. Bei meinen Untersuchungen wurden die Probeflächen so gewählt, dass ihre Vegetation, soweit diese eine annähernd natürliche war, zu gut charakterisierbaren, homogenen Pflanzengesellschaften, Associationen gehörten.

Die Methodik der Aufnahme im Felde war das, von der Uppsalaer pflanzengeographischen Schule verwendete sog. Hult-Sernandersche Schätzungsverfahren (siehe z. B. Du Rietz). Die Probeflächen hatten eine Grösse von etwa 2×2 m, wenn es sich um Moore oder Wiesen handelte, aber meist 4×4 oder noch grösser, wenn es galt eine Waldvegetation zu beschreiben. Innerhalb der Probeflächen wurden sämtliche Arten in den verschiedenen Vegetationsschichten verzeichnet[1]) und bekamen aus der fünfteiligen Skala eine Nummer die ihren Deckungsgrad anzeigen sollte. Einige Arten, wie z. B. Gräser können in beträchtlicher Individuenzahl vorhanden sein und bekommen doch wegen ihres, in der Horizontalebene wenig verbreiteten Stock einen sehr niedrigen Arealprozent. In solchen Fällen wurde auch die Abundanz berücksichtigt und die betreffenden Arten bekamen eine etwas höhere Nummer als die, zu welcher ihr Arealprozent sie berechtigt hätte. Weiter wurde noch das Gedeihen, die Fertilität und Sterilität verschiedener Arten notiert, wenn diese etwas ungewöhnliches darboten.

Standortsuntersuchung und Entnahme der Bodenproben. Nach dem die Vegetation in obiger Weise aufgezeichnet worden ist, kommt der Standort an die Reihe. Die Exposition und die Neigungsverhältnisse werden notiert. Die Bodenfeuchtigkeit ist nach einer 10-gradigen Skala nur geschätzt worden.[2]) Es bedeuten die Ziffern 1—2 trocken, 3—5 frisch, 6—7 feucht, 7—9 nass und 10 offenes Wasser.

[1]) Die Namen der Phanerogamen nach C. A. M. Lindman: Svensk fanerogamflora, Stockholm 1926.

[2]) Es dürfte ohne weiteres klar sein, dass exakte Bestimmungen des Wassergehaltes zwecklos gewesen wären, da ja dieser mit den zufälligen Niederschlagsmengen wechselt. Nur wiederholte Feuchtigkeitsbestimmungen an demselben Orte und zu verschiedenen Jahreszeiten, die übrigens mit Hygroskopicitätsbestimmungen kombiniert werden müssten, hätten grösseren Wert, weil sie uns über die Feuchtigkeitsamplitude des Standortes belehren könnten.

Von grösster Wichtigkeit war natürlich die Bestimmung und Aufzeichnung der Bodenart oder Bodenarten und die verschiedenen Schichten des Solumhorizonts. Die Untersuchung geschah mit Hilfe eines Handbohrers und Spatens und betraf gewöhnlich den Boden bis zu 1 Meter Tiefe. Die Profile wurden kurz beschrieben.

Bei der Entnahme der Bodenproben, die später im Laboratorium untersucht werden sollten, wurde darauf geachtet, dass erstens die Probestelle innerhalb der Vegetationsprobefläche lag und zweitens, was besonders wichtig ist, dass die Bodenprobe einer einheitlichen Bodenart oder Bodenschicht entnommen wurde und somit möglichst frei von Beimischungen aus anderen Schichten war. War der Boden in vertikaler Richtung einigermassen homogen, begnügte ich mich mit einer Probe, gewöhnlich aus 5—10 cm Tiefe, wo die Wurzeln am dichtesten wuchsen; waren aber mehr oder weniger ausgesprochene Unterschiede zwischen den oberen und unteren Teilen des Profils vorhanden, was ja das häufigste ist, so kamen mehrere Proben in Frage, die je eine Schicht repräsentierten. Wenn immer möglich, wurde versucht, ganze Stücke zu bekommen, aus deren Innerem besonders für mikrobiologische Zwecke unberührte Teile im Laboratorium zu gewinnen waren. Die Verpackung im Felde war verschieden. Für Sandböden, die ja doch nicht zusammenhielten, wurden meist Säckchen aus Baumvollenzeug benutzt. Die Torf- und Tonböden wurden meist nur in starkem Papier gut eingewickelt und so bald wie möglich untersucht.

Es ist diskutiert worden, wie weit man berechtigt ist, eine solche einzelne Bodenprobe oder eine Serie vertikaler Proben als repräsentativ für die ganze Vegetationsprobefläche zu betrachten. Im allgemeinen wird ja eine weite Gültigkeit z. B. bei chemischen Bodenanalysen vorausgesetzt, weil das Analysieren vieler Proben aus einer Fläche zu kostspielig und zeitraubend würde. Und doch sind sicher die chemischen Faktoren, vor allem vielleicht der Stickstoffgehalt auch im kleinsten Raum ziemlich variabel.[1]) Was nun die Reaktion betrifft, so fand RAUNKIAER innerhalb nur weniger m^2 grossen Wald- und Wiesen-Probeflächen ausserordentlich grosse Variationen. Auch AALTONEN (1925) erhielt in einigen Waldtypen ziemlich bedeutende Differenzen. Seine Probeflächen waren aber 0,25 ha gross. Die Variationskoeffizienten stiegen mit den p^H-Zahlen, was wohl darauf beruhen kann, dass die s. g. besseren Waldtypen auf Abhängen wachsend in der Wirklichkeit weniger homogene Standorte gehabt haben. Man muss sich aber immer vergegenwärtigen, dass zum Erhalten grosser p^H-Differenzen im relativ neutralen Gebiet viel geringere absolute H-Ionenkonzentrationsunterschiede nötig sind als im sauren. Selbst habe ich nicht allzu viele Untersuchungen über die Variationen des p^H

[1]) Auch der Ca-Gehalt kann, wie KRAUS gezeigt hat, sehr verschieden sein.

innerhalb kleiner Flächen mit gleichmässiger Bodenart und Vegetation gemacht.

Einige Beispiele mögen hier doch angeführt werden:

I. *Agrostis capillaris*-Wiese mit humushaltigem Ton. Probefläche ein 4 m² grosses Quadrat. 5 Proben aus 2—5 cm Tiefe, je einer Ecke und der Mitte des Quadrates entnommen gaben folgende p^H-Zahlen: 5,4, 5,4, 5,4, 5,3 u. 5,4.

II. *Deschampsia caespitosa*-Wiese am Meeresstrande auf sandgemischtem Ton. Probefläche und Probenentnahme wie oben. p^H-Zahlen: 5,0, 5,0, 4,9, 5,0 u. 4,9.

III. *Ledum*-reicher Kiefernmoorwald auf *Sphagnum*-Torf. Probefläche 4 m². 5 Proben aus 10—20 cm Tiefe, genommen wie oben, gaben: 3,9, 3,9, 3,9, 3,9 u. 3,9.

IV. Reiner *Hylocomium*-Fichtenwald auf Sand mit 5 cm Rohhumus. Probefläche 4 m². Die Proben aus 2—5 cm Tiefe, wie früher genommen, gaben: 4,1, 4,0, 3,9, 4,0 u. 4,1.

V. *Calluna*-reicher *Hylocomium*-Kiefernwald auf Sand mit 0—2 cm Rohhumus. Die Proben wurden dieser Schicht entnommen, sonst wie oben. p^H-Zahlen: 4,0, 4,2, 3,9, 3,9 u. 3,8.

Wie man aus diesen wenigen Beispielen sieht, sind die Schwankungen des p meist sehr unbedeutend gewesen.[1]) Absolut konstant erhielt sich die Wasserstoffionenkonzentration im nassen Torfsubstrat des Kiefernwaldes, und dasselbe dürfte überhaupt für Moore und Moorwälder gelten, wo der reichliche Wassergehalt ausgleichend wirkt. Im *Calluna*-reichen Kiefernwald treten grössere Differenzen zu Tage, was zweifelsohne damit zusammenhängt, dass bei der sehr dünnen und wenig vermoderten Rohhumusschicht ganz homogene Proben, vor allem solche ohne Beimischungen von Sand, schwer zu erhalten waren.

Um das Risiko zu vermeiden, dass eine einzelne Probe nicht für die Probefläche repräsentativ wäre, haben einige Verfasser z. B. Olsen 2 bis 3 verschiedene Bodenproben aus der Probefläche im Felde gemischt und später das p^H in der Mischung bestimmt. Ein solches Verfahren könnte ich nicht empfehlen, da man auf diese Weise eine künstliche Probe erhält, von der man durchaus nicht berechtigt ist, anzunehmen, dass sie wenigstens in Bezug auf die Reaktion das Mittel der zusammengeschlagenen Proben darstellt. Am besten wäre es natürlich, wie Raunkiaer, immer mehrere Proben aus derselben kleinen Fläche zu nehmen, was ich aber wegen der Umständlichkeit auf Reisen und der Unsicherheit der Feld-Bestimmungsmethoden in grösserer Ausdehnung nur beim Studium der Wiesen von Limingo gemacht habe.

Bestimmung der Reaktion. Betreff dieser Methodik wird auf die gewöhnlichen Handbüchern verwiesen.[2]) Ausserdem habe ich in einem früheren

[1]) Ausgedehntere Untersuchungen an Ackerböden (Brenner 1927 a), zeigen auch, dass der p^H in einem und demselben Felde meist nicht erheblich variert, wenn nur der Boden nicht zu pufferarm und sonst homogen ist.

[2]) Z. B. Clark.

Aufsatz »Über die Reaktion finnländischer Böden» (1924 a) das von mir benutzte Verfahren näher beschrieben. Hier sei nur in aller Kürze die Methode angedeutet.

Sämtliche Reaktionsbestimmungen sind auf dem elektrometrischem Wege, und zwar mit der Wasserstoffelektrode von MICHAELIS ausgeführt worden. Die kolorimetrische Methode (CLARK and LUBS) wurde bei dieser Untersuchung anfangs nur in einigen Fällen, später regelmässig zur Kontrolle benutzt. Die Ergebnisse werden wie gewöhnlich in Wasserstoffexponenten p^H ausgedrückt. Böden mit einem $p^H < 4$ können als stark sauer bezeichnet werden, die mit p^H 4—5 sauer, mit p^H 5—6 mässig sauer, p^H 6—7 schwach sauer bis neutral und die mit p^H 7—8 neutral bis schwach alkalisch. Stärker alkalische Böden kommen in Finnland nicht in Betracht. Ein Boden mit einem p^H 6,5—7,5 kann auch als praktisch neutral bezeichnet werden.

Die Beständigkeit der Reaktion, die auf dem Gehalt des Bodens an s. g. Pufferstoffen oder Regulatoren beruht, wurde in folgender Weise untersucht: Eine bestimmte Menge (15, 10 oder 5 g) des, durch ein 2 mm Sieb gesichteten lufttrocknen Bodens wurde in je 11 Erlenmeyerkolben aus Jena-Glas abgewogen. Eine Bodenportion wurde mit 30 ccm dest. Wasser versetzt. Zu 5 Portionen wurden je 30 ccm von Lösungen gegeben, die 1, 2, 4, 8 und 12 ccm 1/10 n HCl enthielten, zu den übrigen 5 kamen 30 ccm von Lösungen, die mit 1, 2, 4, 8 und 12 ccm 1/10 n. $Ca(OH)_2$ entsprechende Mengen einer titrierten $Ca(OH)_2$-Lösung versetzt worden waren. Die $Ca(OH)_2$ enthaltenden Kolben wurden sofort mit paraffinierten Korkpropfen verschlossen, sämtliche Proben wurden wiederholt kräftig geschüttelt und zum Stehen über Nacht hingestellt. Nach erneutem Schütteln wurde dann die Reaktion in den verschiedenen Kolben elektrometrisch gemessen. Die Ergebnisse werden graphisch dargestellt, indem die Wasserstoffexponenten auf der Vertikalachse, die Mengen zugefügter Säure oder Base auf der Horizontalachse abgesetzt werden. Auf diese Weise bekommt man s. g. Titrierungskurven (z. B. Fig. 2, vergl. auch BJERRUM u. GJALDBECK, GAARDER u. HAGEM 1921) die uns über die Stabilität der Reaktion belehren.[1])

Ein gutes Mass für diese Beständigkeit der Reaktion erhält man nach meiner Meinung, wenn man aus den Kurven die p^H-Beträge herausnimmt, um welche sich die aktuelle Reaktion bei Zusatz von 1 ccm 1/10 n Säure oder Alkali auf 10 g lufttrockner Erde geändert hat. Diese Grössen habe ich als aktuelle Nachgiebigkeit gegen Säure und aktuelle Nachgiebigkeit gegen Alkali bezeichnet. Zusammen bilden sie die aktuelle Reaktionsamplitude.[2])

[1]) In den Figuren ist die N-Kurve die, welche man durch Säure- bzw. Alkalizusatz zum reinen Wasser erhält.

[2]) Es wäre richtiger diese Grössen in H-Ionenkonzentrationen oder spezifische Azidität (WHERRY) anzugeben. Sie in p^H-Zahlen auszudrücken findet

Chemische Analysen. Die meisten Analysen beziehen sich auf die, in der 10-fachen Menge 4 % HCl nach 24-stündigem Schütteln löslichen Mineralbestandteile. Sie wurden mit kleinen Abänderungen nach dem vereinfachten Verfahren von H. Neubauer ausgeführt. Calcium und Magnesium wurden wie gewöhnlich mit Ammoniumoxalat und Natriumphospat gefällt, Kalium und Natrium nach der Perchlorsäure-Methode bestimmt, Phosphor nach der Molybdatmethode endlich als Ammoniummagnesiumphosfat gefällt.

Der Humusgehalt wurde in einigen Fällen durch gewöhnliche Verbrennung bestimmt, in anderen nur mittelbar durch Bestimmung von Asche und Wasser ermittelt.

Die N-Bestimmungen betrafen nur den Gesamt-Stickstoff und waren gewöhnliche Kjeldahl-Analysen.

Einige CO_2-Bestimmungen wurden auch gemacht. Unter Durchleitung eines langsamen, CO_2-freien Luftstroms, gelindes Erwärmen der mit Wasser versetzten Bodenprobe und Zutröpfeln von HCl wurde das CO_2 ausgetrieben und in Natronkalkröhren aufgefangen.

An den Analysen waren verschiedene Mitarbeiter beteiligt. Ich habe mit Dankbarkeit zu erwähnen: Herrn Magister A. Zilliacus, Fräulein Magister E. Ståhlberg sowie die Herren H. Lönnroth und K. Toivonen. Im folgenden wird in jedem Falle der betreffende Analysator erwähnt.

Nitrifizierung. Beim Studium der Nitrifizierung war ich weniger darum bemüht einen Einblick in die, in jedem Fall im Boden stattfindende Nitratproduktion zu bekommen, als viel mehr darum, zu erfahren wie sich die verschiedenen Böden für die Nitrifikation eignen, wenn sonst günstige Bedingungen vorlagen.

Natürliche Böden können aus verschiedenen Ursachen keine Nitrifizierung aufweisen. Einmal kann es an Rohstoff, d. h. Ammoniumsalz, fehlen: entweder deshalb, weil der Boden überhaupt stickstoffarm ist oder weil Ammoniakspaltung nicht stattfindet. Ein zufälliger Mangel an nitrifizierenden Bakterien, die ja z. B. gegen Austrocknen sehr empfindlich sind, könnte auch gegebenenfalls eine ausbleibende Nitrifizierung in sonst günstigen Böden verursachen. Bei meinen sämtlichen Versuchen war deshalb ein Ammoniumsalz zugefügt worden und oft wurde ausserdem noch mit nitrifizierenden Bakterien geimpft.

Die Versuche wurden ursprünglich in Lösungen ausgeführt, eine, wie man jetzt weiss, nicht zu empfehlende Methode. Ich verwendete dieselbe $(NH_4)SO_4$-Lösung, die bei Hesselmans (1917) ausgedehnten Untersuchungen sich bewährt hat und die 4 g $(NH_4)_2SO_4$ und 2 g K_2HPO_4 auf 1 Liter Leitungs-

aber seine Berechtigung dadurch, dass die relative Pufferung oder die relative Nachgiebigkeit zu einem annähernd richtigen Ausdruck kommt. (Siehe weiter Brenner 1927 a).

wasser enthielt. Etwa 150 ccm fassende Erlenmeyer-Kolben wurden mit 25 ccm der $(NH_4)_2SO_4$-Lösung beschickt und so reichlich mit frischer Erde geimpft, dass das Volumen des wasserdurchdränkten Bodens in den Kolben etwa gleich dem der freien Flüssigkeit war. Um zu untersuchen ob ein eventuelles Ausbleiben der Nitrifizierung auf einer zu grossen Azidität des Mediums beruhe, wurden immer Parallelversuche angestellt, in denen jeder Kolben mit etwa 1 g $CaCO_3$ versetzt war.

Die Versuche die bei Zimmertemperatur vorgenommen wurden, dauerten meist 3 Monate, in welcher Zeit natürlich etwas Wasser aus den mit Wattebauschen verschlossenen Kolben verdunstete. Die Nitrifizierung wurde mit der gewöhnlichen Diphenyl-Schwefelsäure-Probe konstatiert. Diese gibt aber nicht nur Nitrat sondern auch Nitrit an, und ich kann deshalb nicht immer sicher sein, dass eine Salpeterbildung wirklich stattgefunden hat. Dies dürfte aber die Regel gewesen sein. Jedenfalls sind die Nitritbildner gediehen und NH_3 ist oxydiert worden.

Von den oben beschriebenen Versuchen gaben viele negative Ergebnisse. Diese konnten darauf beruhen, dass nitrit- und nitratbildende Bakterien nicht in den Bodenproben vorhanden gewesen waren. In den Versuchskolben, die keine Reaktion gegeben hatten, wurde deshalb das verdunstete Wasser ersetzt, und der Inhalt dann dadurch mit Bakterien geimpft, dass man einen Tropfen aus einer gut nitrifizierenden Flüssigkeit hineinbrachte. In vielen Fällen waren die Bodenproben beim Beginn der Untersuchung schon so weit eingetrocknet, dass Versuche ohne Zufuhr von frischen Bakterien aussichtslos erschienen. In diesen Fällen wurden die Versuchskolben schon im Anfang wie oben geimpft.

Es zeigte sich immer noch, dass mehrere Proben trotz Impfung und sogar trotz $CaCO_3$-Zugabe keine Reaktion gaben. Dies galt besonders für humusreiche Böden, vor allem für die Rohhumusböden der moosreichen Nadelwälder. Da aber bekannt ist, dass die Nitrifizierung in Lösungen oft und speziell beim Vorhandensein von gelösten organischen Verbindungen schwer verläuft, so wurden die negativ ausgefallenen Versuche nochmals wiederholt und zwar in der Weise, dass die Bodenproben jetzt nur mit der Nährlösung angefeuchtet wurden. Die Feuchtigkeit dürfte im Anfang etwas mehr als 75 % der Wasserkapazität betragen haben, wurde dann während des 3-monatigen Versuches durch Abdampfung vermindert und zwar so weit, dass mehrere Proben neu befeuchtet werden mussten. Diese Versuche, die den Bakterien beinahe optimale Bedingungen darboten, müssten schliesslich darüber entscheiden ob ein Boden an sich für die Nitrifizierung ungünstig war und was daran durch $CaCO_3$-Zufuhr eventuell zu ändern wäre.

Stickstoffbindung. Ob stickstoffbindende Mikroorganismen in den verschiedenen Böden vorhanden waren, wurde in folgender Weise studiert. Aus

dem Inneren der frischen Bodenproben[1]) wurden etwa 1—2 g wiegende Portionen mit einem sterilen Messer herausgeschnitten und eilig in Erlenmeyer-Kolben von 100 ccm Inhalt geschüttet.

In den Kolben befanden sich 20 ccm einer sterilisierten, BEIJERINCK'schen Mannit-Lösung von folgender Zusammensetzung:

Mannit (reinst, kryst.)	20 g.
K_2HPO_4	0.2 »
MgSO + aq.	0.1 »
Dest. Wasser	1000 »

Wie bei der Nitrifizierung wurden auch hier immer Parallelversuche mit und ohne $CaCO_3$ angestellt.

In einer Woche bei Zimmertemperatur war gewöhnlich eine Entwicklung von Mikroorganismen in den Versuchskolben durch Schäumen, durch Bildung von Bakterienhäuten oder Pilzmycelien u. s. w. zu bemerken. Einige Kulturen blieben anscheinend unverändert und klar, gaben aber durch mehr oder weniger intensiven Geruch nach Buttersäure die Wirksamkeit von Amylobacter zu kennen. In diesen Kolben blieb die übrige Vegetation immer sehr arm. In den anderen ging die Entwicklung gewöhnlich weiter und die Pilzmycelien nahmen mehr und mehr überhand. Nach 2 Monaten wurde das Ergebnis aufgezeichnet: die Menge des gebildeten lebenden Substanzes, das Aussehen der Vegetation, ihre Zusammensetzung hauptsächlich aus Bakterien oder Pilzen, karakteristische Merkmale wie Geruch u. s. w. Die verschiedenen Bodenproben gaben im allgemeinen sehr verschiedene Ergebnisse. In einigen Kolben war z. B. nur unbedeutend Pilzmycel vorhanden, in anderen war die Oberfläche mit einem dicken Pilzkuchen bedeckt.

Nun war es aber nicht sicher ob diese Mikrovegetation wirklich auf Kosten des freien Stickstoffs der Luft gelebt hatte oder ob vielleicht die Stickstoffverbindungen des hineingebrachten Bodens ausgereicht hatten um dieselbe trotz der stickstoff-freien Nährlösung zu ernähren. Von der Vegetation der Anreicherungskulturen wurden also unbedeutende Stückchen in verschiedene absolut N-freie Medien übergeimpft. Diese hatten dieselbe chemische Zusammensetzung wie oben, waren aber teils Agar-Nährböden, teils Lösungen.

Aus denselben Anreicherungskulturen wurde weiter in absolut N-freien Nährlösungen von derselben Zusammensetzung wie vorher geimpft. Als Kulturgefässe dienten wieder kleine Erlenmeyer-Kolben von etwa 100 ccm Rauminhalt und mit weiten Mündungen. Es waren je 25 ccm sterilisierte Lösung in jedem Kolben und einige waren mit etwa $^1/_2$ g $CaCO_3$ versetzt. Es

[1]) Von Böden, die nicht in zusammenhängenden Stücken zu bekommen waren, wurden schon im Felde kleine Proben in sterilen Gläsern aus einer eben blossgelegten Fläche genommen.

wurde immer aus karbonatfreien Anreicherungskulturen in karbonatfreie Nährlösungen, von karbonathaltigen in karbonathaltige geimpft.

Die Kulturkolben, die mit Wattebauschen verschlossen waren, kamen unter eine tubulierte Glocke, die luftdicht auf einer geschliffenen Glasplatte stand. Der zweimal durchbohrte Gummipropfen, der die Glocke verschloss, trug ein, mit in teils konc. H_2SO_4, teils Natronlauge getränkten Bimsteinstücken gefülltes sog. Chlorcalciumrohr und ausserdem ein Glasrohr, das unten am Boden der Glocke endete und oben gewöhnlich verschlossen war. Wenn die Glocke durchlüftet wurde, was in der Regel einmal wöchentlich während 12 Stunden stattfand, wurde das sonst verschlossene Rohr mit einem Tropfenaspirator verbunden. Das Chlorcalciumrohr kam aber in Verbindung mit einem 2 m langen ziemlich weiten Glasrohr, das zum grössten Teil mit H_2SO_4-Bimsteinstückchen gefüllt war, in dem nach der Glocke zu liegenden Ende aber auch etwas Natronkalk enthielt. Durch dieses Rohr wurde Luft, die sowohl von Ammoniak als von etwaigen Stickstoffoxyden befreit war, in die Glocke gesaugt. Sonst stand die Glocke mit den Kulturen in einem dunklen Schrank bei Zimmertemperatur.

Allmählich kam in den meisten Kolben eine Mikrovegetation zustande, die sowohl dem Aussehen als der Menge nach sehr varierte. Nach 3 Monaten wurden die Versuche abgebrochen und die Ergebnisse notiert. Diese geben nun, da kein gebundener Stickstoff den Kulturen zur Verfügung stand, eine zuverlässige Auskunft über das Vorhandensein von stickstoffbindenden Organismen in den verschiedenen Bodenproben.

Um einen Einblick zu gewinnen, um wie grosse fixierte N-Mengen es sich bei diesen Kulturen handelte, wurden die üppigsten analysiert. Das ganze kam in einen KJELDAHL-Kolben und wurde wie gewöhnlich verbrannt, in H_2SO_4 überdestilliert und der NH_3 im Destillate nach NESSLER kolorimetrisch bestimmt. In jeder Serie wurde zur Kontrolle eine ungeimpfte Nährlösung, die in einem Kolben mit den Kulturen unter der Glocke gestanden hatte, mit analysiert.

Der Bodenkalk in Finnland.

Da in diesem Teil hauptsächlich von s. g. kalkbegünstigten Pflanzengesellschaften die Rede sein wird, dürfte es angebracht sein, zuerst eine Übersicht über den Bodenkalk in Finnland zu geben.

Am gewöhnlichsten tritt der Kalk in verschiedenen Silikaten auf. In dieser Form ist er überall in den losen Bodenarten vorhanden. Die totalen Calciummengen wechseln sehr und sind für die Vegetation bedeutungslos. Bei der Behandlung mit schwachen Lösungsmitteln löst sich immer ein kleiner Teil des silikatischen Kalkes. So bekommt man z. B. mit 4-prozentigem HCl aus Sandböden gewöhnlich 0,02—0,15% CaO, aus Ton- und Lehmböden oft 0,15—0,25, in sehr feinkörnigen sogar 0,4—0,6% CaO. Auch in Wasser lösen sich unbedeutende Spuren, so dass die Bodenflüssigkeit wohl nie chemisch frei von Kalk sein dürfte. Am meisten löslich ist der Kalk und seine grösste Bedeutung für die Pflanzen bekommt er, wenn er in Form von Karbonat oder an Humusstoffen gebunden auftritt.

Die Angaben über Vorkomnisse von Kalkgesteinen, also karbonatischem Kalk in Finnland sind durch die Geologische Kommission gesammelt worden. Dieser Publikation, die von Eskola, Hackman, Laitakari und Wilkman ausgearbeitet ist, (siehe ausserdem noch Frosterus) entnehmen wir, dass der Kalkstein entweder als Kalcit oder Dolomit in zahlreichen einzelnen (es werden 652 Fundorte erwähnt) Vorkomnissen auftritt. In den südwestlichen Teilen bestehen sie aus Kalcit und sind im Urgesteine eingelagerte Schichten von meist unbedeutender (ein bis einige Meter oder darunter) Dicke. Im östlichen und nördlichen Finnland sind die Fundorte nicht so zahlreich, dafür aber im allgemeinen etwas grösser und das Gestein ist hier vorwiegend Dolomit. Das Calciumkarbonat kommt ausser als mehr oder weniger reiner Kalkstein und Dolomit, in kleineren Mengen in verschiedenen anderen Gesteinen vor. Unter diesen sind vor allem im südwestlichen Finnland die häufigen Kalkgneisse in den östlichen und nördlichen Teilen aber Dolomitschiefer, Grünsteine u. s. w. zu nennen. Grössere, zusammenhängende Kalksteinsgebiete kommen in Finnland nicht vor.

In den losen Bodenarten des finnländischen Festlandes scheint das Kalkkarbonat fast keine Rolle zu spielen. Aarnio, der eine Publikation über diesee Gegenstand veröffentlicht hat, kam auf Grund mehrerer Analysen zu diesem Schlusse. Unter den Bodenproben, die ganz aus der Nähe von Kalkfelsen

stammten, zeigte nur eine oberflächliche Probe rund 0,3 % gebundene CO_2 und 1,46 % in 4 %-iger HCl lösliches CaO. Alle anderen hatten CO_2 und CaO-Gehalte, die man auch in kalkarmen Gegenden findet. Ebenso ergaben die Analysen Valmaris auch in der Nähe von Kalkfelsen keine grösseren Kalkbeträge im Mineralboden. In den Fällen, wo ich die Sache untersucht habe, kam ich zu demselben Ergebnis.[1])

Andererseits findet man beim Durchlesen der originalen Tagebücher, auf denen die Kartenbeschreibungen der staatlichen Geologischen Kommission fussen, dass die Moräne dann und wann in der unmittelbaren Nähe von grösseren Kalksteinvorkomnissen grössere oder kleinere Mengen Kalkstein enthält. Ob auch die Feinerde karbonatreich war, geht jedoch nicht hervor. Auch über Tonböden wird berichtet (Berghell: Beskrivning till jordartskartan sektionen D:2, Nyslott. Geologiska Kommissionens geologiska översiktskarta över Finland S. 95), dass diese in den Sordavala- und Ruskeala-Gegenden Kalk (Kalkkarbonat) enthalten sollen, Angaben, die oft von den Botanikern als Erklärung der üppigen Vegetation zitiert werden (vergl. z. B. Linkola). Von mir gemachte Kontrolluntersuchungen sprechen jedoch dafür, dass diese Angaben auf irgend einem Irrtum beruhen. *Von zahlreichen mit HCl geprüften Ton- und Lehmproben aus den in den originalen Tagebüchern genau erwähnten Probestellen brauste nämlich keine einzige.* Auch die Analysen einiger dieser Proben gaben keine höheren Ca-gehalte. Ausserdem habe ich, dank des Entgegenkommens meines Bruders, des Eisenbahngeologen Magister Th. Brenner, etwa 90 Proben, die von der Geotechnischen Kommission der Staatseisenbahn aus diesen Gegenden gesammelt und teilweise aus sehr beträchtlicher Tiefe genommen wurden, geprüft, ohne in einem einzigen Falle Brausen mit HCl zu erhalten. Diese negativen Ergebnisse bekommen ihre Erklärung dadurch, dass das Material der sedimentierten Bodenarten im allgemeinen wenig mit dem Berggrunde der Gegend zu tun hat, sondern lange Wege transportiert sein kann. Ein eventueller, ursprünglicher Karbonatgehalt geht ausserdem beim Transport und beim Sedimentieren sowie durch spätere Auslaugung verloren. Weniger löslich ist das Ca-karbonat, wenn es im Dolomit auftritt. Während nach Klockmann (Lehrbuch der Mineralogie, Stuttgart 1912 S. 290) das Kalkspat-Karbonat in CO_2-gesättigtem Wasser sich im Verhältnis 9—12 : 10000 löst, lösen sich die dolomitischen Karbonate nur im Verhältnis 3,10 : 10000. Es besteht also die Möglichkeit, dass unsere Böden dolomitische Karbonate enthalten könnten, was ausserdem nicht durch das Brausen mit HCl entdeckt werden kann. Dagegen sprechen wieder die niedrigen Analysenzahlen sowohl für Ca als für Mg. In einem

[1]) Die Ergebnisse werden in einer bald erscheinenden, besonderen Publikation näher behandelt.

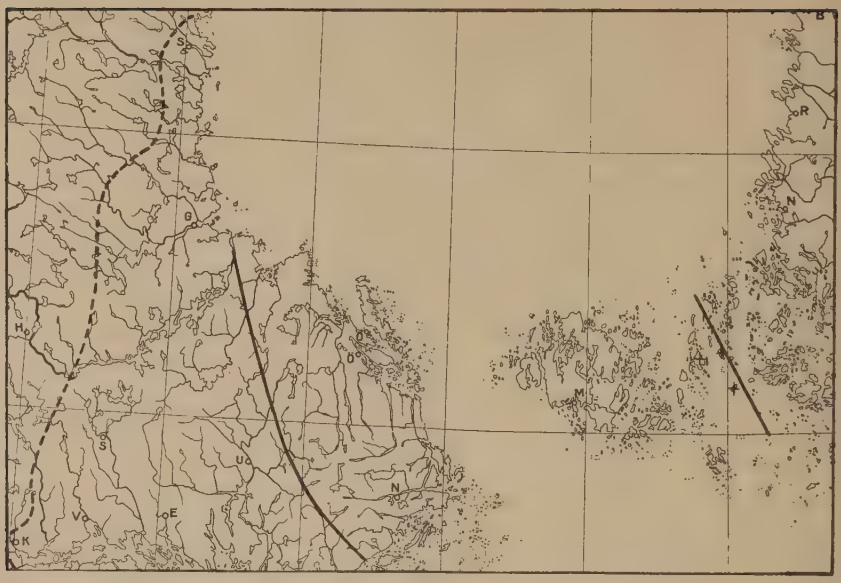

Fig. 1. ——— Grenzen der Silurmoräne östlich und westlich von Åland. - - - - Grenze des Mergeltons i Schweden. Die westlichen Grenzen nach WIMAN. + östliche Fundorte der Silurmoräne.

Falle, wo der Mg-Gehalt etwas bedeutender war, konnte durch Kochen mit HCl keine grössere CO_2-Menge als gewöhnlich ausgetrieben werden.

Wir können also auf Grund unserer heutigen Kenntnisse behaupten, dass die ziemlich spärlich auftretenden karbonatischen Gesteinsarten des finnländischen Festlandes, wenn überhaupt, sehr bescheidene Spuren in den minerogenen, losen Bodenarten hinterlassen haben.

Anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn wir zum Archipel von Åland hinübergehen. Hier enthalten die losen Bodenarten oft deutliche Mengen Kalkkarbonat, die von den am Meeresboden nördlich und nordwestlich von Åland befindlichen, wahrscheinlich sehr bedeutenden Silursedimenten stammen.[1]) Es sind aber ausschliesslich die älteren, glacialen Bildungen, die Moräne, Glacialsand und Bänderton, die oft, aber bei weitem nicht immer, Karbonat in sehr wechselnden Mengen enthalten. In den Åsbildungen und in jüngeren, postglacialen Sedimenten ist, abgesehen von einzelnen Steinen, Silurkalk nicht angetroffen worden. Die kalkhaltige Moräne ist oft sehr hart und reich an lehmigen bzw. tonigen Bestandteilen und kommt im ganzen Schärenarchipel

[1]) Neulich ist anstehender Silurkalk auch auf dem Boden des Binnenfjärdes Lumparn im südlichen Teile des Archipels angetroffen worden (KULLING, METZGER).

Ålands vor. Sie bildet den Boden der losen Ablagerungen und wird häufig von kalkarmer Moräne oder anderen, ebenso karbonatfreien Sedimenten bedeckt.

Das åländische Silurgebiet ist nur ein Teil eines grösseren, das sich im östlichen Uppland auf der schwedischen Seite fortsetzt. Beistehende Karte gibt eine Vorstellung von seiner Ausdehnung. Die westlichen Grenzen sind nach C. Wiman eingezeichnet. In Schweden gehen die karbonatführenden glacialen Tone weit nach Westen. Die Silurmoräne dagegen hört schon östlich von Uppsala auf. Nach Wiman ist die Grenze zwischen kalkreicher und kalkarmer Moräne stellenweise in der Gegend von Gefle sehr scharf. Die Grenze nach Osten ist dagegen nicht leicht zu bestimmen, teils weil die Schären zwischen Åland und dem Festlande meist klein und bergig sind, teils weil die Moräne ihren Karbonatgehalt ganz allmählich zu verlieren scheint.[1]) Bei eigens für diesem Zweck gemachten Exkursionen habe ich zwar nur wenig Karbonat enthaltende Moräne noch auf Kumlinge und auf der Inselgruppe Jungfruskär im südwestlichen Houtskär gefunden. Auch auf der südwestlichsten, grösseren Insel Lappo in Brändö kann man noch in der Moräne einzelne Körnchen von Silurkalk, die mit HCl brausen, entdecken, obwohl die Analyse keinen höheren Ca-gehalt gibt. Hier, *durch den südwestlichen Teil von Brändö wäre somit wahrscheinlich die östliche Grenze der Silurmoräne zu ziehen.* Der auf Åland gewöhnliche kalkreiche Bänderton ist nicht einmal so weit östlich angetroffen worden wie die Silurmoräne. Die östlichsten bis jetzt bekannten, Funde stammen aus Vårdö und Kökar.[2]) In Kumlinge, Brändö und weiter nach Osten in Iniö und Hotskär fand ich den glacialen Ton karbonatfrei.[3]) Dagegen werden einzelne Blöcke und Steine aus Silurkalk ziemlich weit östlich von der Grenzlinie der Silurmoräne in den südwestlichen Schären von Raumo, in Gustafs, Iniö, Houtskär und nördlichem Korpo (Geologiska Kommissionens beskrivning till kartbladen 10, 11 och 12) ja sogar auf Trunsö und Vänö in Nagu (Tagebuch von H. Berghell) erwähnt.

Die åländische Moräne enthält sehr wechselnde Mengen Kalk und es kann wohl kaum als ein Zufall gelten, dass, wie meine Analysen zeigen, *der Kalkgehalt in grossen Zügen von Westen und Nordwesten gegen Osten und Südosten fällt.*

Man kann aber kein richtiges Bild von dem Vorkommen des Kalkes in unseren Mineralböden bekommen ohne einen wichtigen, mit der Boden-

[1]) So fand ich z. B. in der Feinerde der Moränen folgende Prozente CaO: Eckerö 6,19—6,07; Geta 3,22; Hammarland 2,08; Lemland 1,72—1,42; Saltvik 1,27; Kumlinge 0,71; Brändö, Lappo 0,36; Houtskär, Jungfruskär 1,01.

[2]) Geologiska kommissionen: Beskrivning till kartbladet N:o 25.

[3]) Nach mündlichen Mitteilungen von Herrn Magister O. Eklund ist, nach der Vegetation zu schliessen, ein kleines isoliertes Silurgebiet im nördlichen Teile Houtskärs in den Åbo-Schären zu vermuten.

bildung zusammenhängenden Umstand in Betracht zu ziehen. Wie bekannt,[1]) gehört das Kalkkarbonat zu den am leichtesten löslichen Bestandteilen des Bodens und die Folge ist, dass dieser Stoff regelmässig durch den gewöhnlich von oben nach unten laufenden Wasserstrom aus den oberen Teilen des Bodenprofils wegtransportiert wird. *In ursprünglich kalkreichen Bodenarten, z. B. in der åländischen Silurmoräne kann man einen scharfen Kalkhorizont unterscheiden.* Über diesem Horizonte ist die Bodenart, abgesehen von gröberen Teilen, einzelnen Steinen u. s. w. karbonatfrei, unter derselben braust die Moräne mit HCl. Die Lage dieses Kalkhorizontes ist von verschiedenen Umständen abhängig. Ist die Durchlässigkeit des Bodens für Wasser gross, wie in sandigen Moränen, so sinkt der Horizont tiefer als in feinkörnigeren Bodenarten. Der dichte Bänderton kann deshalb beinahe bis zur Oberfläche hinauf karbonatreich sein. Weiter ist natürlich die Zeitspanne von Bedeutung, während der eine Auslaugung stattfinden konnte. In den Fällen, wo die Silurmoräne ohne überliegende, kalkarme Bodenarten auftritt, kann man gut beobachten, wie der Kalkhorizont in den jungen Böden am Meeresstrande beinahe mit der Bodenoberfläche zusammenfällt, wogegen Gebiete, die nur 1—2 m über dem Meere liegen und also 200—300 Jahre entblösst waren, den Horizont schon in einer Tiefe von 25 cm aufweisen. Natürlich kann die Kalkgrenze mit der Zeit nicht unbegrenzt sinken. In vielen Fällen lag sie auf Åland bei 40—45 cm Tiefe. Gewöhnlich wird jedoch die Silurmoräne durch andere, kalkarme Bodenarten überlagert, wobei der Kalkhorizont meist mit der oberen Grenze der Silurmoräne zusammenfällt.

Im Vergleich mit den Mineralböden, die in Finnland gewöhnlich kalkarm sind, enthalten die *organogenen Torf- und Mullböden* durchschnittlich etwas mehr Kalk. Der Kalk ist aber hier hauptsächlich nicht als Karbonat vorhanden, sondern an die organischen Stoffe, sei es adsorbtiv, sei es in der Form von Salzen der Humussäuren gebunden. Die Anreicherung des Kalkes in den oberen Torf- und Mullschichten des Bodens kommt entweder dadurch zustande, dass die lebenden Pflanzen Kalk aufnehmen, speichern und nach ihrem Tode im Boden zurücklassen oder so, dass die sauren Humussubstanzen nachträglich Kalk aus der Bodenflüssigkeit binden. Eine weitere Ursache der Anhäufung des Kalkes in den organogenen Bodenarten ist, dass seine Verbindungen mit den Humussubstanzen ziemlich schwerlöslich sind, wodurch die Auslaugung, die das Karbonat trifft, nicht in demselben Masstabe stattfinden kann[2].)

Wie die Analysen zeigen, sind auf karbonatfreien Mineralböden die ober-

[1]) Siehe aus der letzten Zeit besonders Tamm (1917).

[2]) Aus zwei Böden mit gleichem Ca-Gehalt, wo in dem einen der Kalk als Humat, in dem anderen als Karbonat vorhanden war, löste sich in CO_2-gesättigtem Wasser aus dem Humusboden nur etwa die Hälfte CaO gegenüber dem Karbonatboden.

sten Rohhumus- Mull- und Torfschichten immer kalkreicher als die darunter liegenden Mineralbodenschichten, die oft wie z. B. im gewöhnlichen Podsolprofil durch Auslaugung extrem kalkarm sind. Die Gehalte an CaO (löslich in 4 % HCl) wechseln aber stark von den relativ unbedeutenden Mengen in *Sphagnum fuscum*-Torf, 0,1—0,6 % (nach WARÉN) oder sogar 0,04 %, wie ich in einem *Polytrichum*-Torf gefunden habe, bis 5,9 % im Niedermoortorf und 4,97 % im Mull nach meinen eigenen Analysen. Ähnliche hohe Werte hat auch VALMARI in entsprechenden Böden gefunden. Berechnet man aber den Kalkgehalt auf die organische Substanz + CaO, was richtiger ist, da die gefundenen Prozentzahlen von der verschiedenen Einmischung kalkarmer anorganischer Bestandteile im Boden abhängen, so erhält man viel grössere Zahlen. Nach dieser Berechnung wechselt nach meinen Analysen der Gehalt an CaO in unseren Humus- und Torfböden zwischen 0,05—14,5 %.

Im Gegensatz zu den Mineralböden ist der Kalkgehalt der Humusböden sehr von dem Vorkommen leichtlöslichen Kalks in der Umgebung abhängig. Die hohen Zahlen bekommt man also gewöhnlich in den Gegenden, wo Kalkgesteine auftreten oder wo aus den Bodenarten viel Kalk ausgelöst wird. Da der Kalk hauptsächlich aus der Bodenflüssigkeit aufgenommen und gebunden wird, ist es einleuchtend, dass auch ziemlich weit von den Vorkomnissen kalkreiche Humusböden entstehen können, wenn nur der Boden von kalkhaltigem Wasser durchströmt wird. So findet man z. B. nicht selten in der Nähe von Quellen ziemlich kalkreiche Torfböden. Sogar ohne dass Karbonat in der Umgebung auftritt, können Humusböden mit Kalkgehalten bedeutend über 1 % zustandekommen, wenn die Bodenflüssigkeit wie z. B. aus dem Tone relativ viel Kalk in anderer Bindung löst oder wenn aus beständig strömendem Wasser grosse absolute Mengen dieses Stoffes gebunden werden können. In derselben Weise, d. h. dank des durch den Körper fliessenden Transpirationsstromes, speichern auch viele lebende Pflanzen aus der verdünnten Bodenlösung u. a. Kalk, der dann nach ihrem Tode oder beim Laubfall dem Humusboden zufällt. *Also wenn auch kalkreiche organogene Bodenarten meist mit dem Auftreten in der Nähe von karbonatischem Kalk zusammenhängen, braucht dies nicht immer der Fall zu sein.*

Vegetations- und Standortsuntersuchungen.

In Finnland hat man mehrere Vegetationstypen als kalkliebend bezeichnet. Ausser den charakteristischen Moos- und Flechtenvegetationen, welche die Kalkfelsen selbst bedecken, handelt es sich um Pflanzengesellschaften, die meist zu Wiesen oder Wiesenwäldern zu zählen sind. Auch kalkbegünstigte Moore sind bekanntlich häufig. Aus praktischen Gründen wird im folgenden das Material in vier Gruppen geteilt: 1) Niedermoore, 2) Wiesen und Wiesenwälder auf Åland, 3) Wiesenwälder aus Ladoga-Karelien und 4) sonstige Wiesenwälder.

I. Niedermoore.

Obwohl es über die Moore[1]) eine reiche Literatur gibt, ist man noch nicht zu einer endgültigen systematischen Einteilung dieser Pflanzengesellschaften gekommen. Die gewöhnlichsten Systeme rechnen mit ökologischen Merkmalen, wie die Bezeichnungen eutrafente und oligotrafente Moore, terrestrische und telmatische Gesellschaften, Verlandungsmoore, Überschwemmungsmoore, u. s. w. angeben. Aber auch Verfasser, die danach streben, bei der Systematik nur Vegetationscharaktere zu benutzen, haben sich noch nicht über eine einheitliche Einteilung geeinigt.

Die Ursache mag zum grössten Teil darin liegen, dass einmal die Bodenschicht, also die Moose, einmal die Feldschicht, die Gräser und Reiser, als Haupteinteilungsgrund verwendet wurde. Auf diese Weise werden die zwei grossen Hauptgruppen Niedermoore (schwedisch »kärr») und Hochmoore (schwedisch »mosse»)[2]) in verschiedenen Arbeiten verschieden aufgefasst. Die

---

[1]) Das Wort Moor werde ich hier synonym mit dem schwedischen »myr» gebrauchen. Ich verstehe darunter einen pflanzensoziologischen Begriff. Ein Moor ist also eine Pflanzengesellschaft, ihr Substrat ist der Moorboden (siehe des näheren z. B. MELIN).

[2]) Die Wörter Niedermoor und Hochmoor will VON POST wegen ihrer topographischen Hauptbedeutung mit »Sumpf» und »Moor» die sich mit den schwedischen »kärr» und »mosse» decken sollen, ersetzen. Gegen das Wort Sumpf ist sicher nichts einzuwenden, das Wort Moor erhält aber durch diesen Vor-

Moorgesellschaften, die ich hier zu behandeln gedenke, sind aber, welche Einteilung man auch wählen mag, sowohl der Bodenschicht (Braunmoose, s. g. Niedermoor-*Sphagna* oder Mangel an geschlossener Moosdecke) als der Feldschicht (Gräser und Kräuter) nach als wirkliche Niedermoore und Kraut-Grasmoore zu betrachten.

Unter ihnen kann man weiter drei grössere Gruppen unterscheiden (vergl. MELIN): 1) Braunmoore (brunmosskärr), die in der Bodenschicht Braunmoose, *Amblystegia, Hypnum trichoides, Paludella,* u. s. w. führen. 2) *Sphagnum*-Niedermoore (*Sphagnum*-kärr) mit gewissen *Sphagnum*-Arten: *subsecundum, teres, Warnstorfii* u. s. w. in der Bodenschicht und gewöhnlich bedeutendem Reichtum an Kräutern in der Feldschicht. 3) Nackte Niedermoore (dykärr), die keine geschlossene Bodenschicht haben.

Eine besondere Gruppe bilden solche Planzengesellschaften, die wegen ihrer ziemlich gut entwickelten Bodenschicht und dichten Feldschicht als Moorwiesen zu bezeichnen sind.

Die in Finnland am meisten, und zwar ganz unabhängig vom Kalk verbreiteten Braunmoore, sind die *Amblystegium fluitans*-Braunmoore. Mehr exklusiv sind dagegen einige andere Braunmoorgesellschaften, deren Vorkommen so ziemlich auf kalkreiche Gegenden beschränkt zu sein scheint. In der Grenzgegend zwischen nördlichem Savolax und Karelien in der Höhe und westlich des grossen Pielisjärvi-Sees in den Gemeinden Kaavi und Juuka,[1]) sowie in der Gegend nördlich vom Uleå-See im nördlichen Österbotten in den Gemeinden Paltamo und Puolanka hatte ich im Sommer 1921 Gelegenheit, diese Pflanzenvereine zu studieren.

Die mitgebrachten Bodenproben wurden einer verhältnismässig eingehenden Untersuchung unterworfen. So sind ausser der Reaktion und dem Kalkgehalt gewöhnlich auch Magnesium, Kalium, Natrium, Phosphor, Schwefel und Stickstoff bestimmt worden. Auch die Nitrifizierung wurde untersucht und zwar sowohl in Flüssigkeitskulturen als auch in angefeuchteten Proben nach 3-monatigem Lagern, teils ohne, teils mit Zusatz von $CaCO_3$. Ebenso wurden Kulturen mit BEIJERINCKS Mannitlösung angestellt um eine eventuell vorhandene N-fixierende Mikrovegetation zur Entwicklung zu bringen.

---

schlag zwei verschiedene Bedeutungen, teils eine allgemeine, sowohl »kärr» als »mosse» umfassende, teils eine engere, nur »mosse» bezeichnende. Dies wäre meiner Ansicht nach zu vermeiden. Deshalb werde ich hier die alten Namen Niedermoor und Hochmoor beibehalten, auch wenn ich keinen topografischen Sinn hineinlegen will. Am besten wäre sicher parallel mit Sumpf das süddeutsche Wort *Moos* in der Bedeutung »mosse» zu verwenden. Hier ist es wohl aber ratsam, einen diesbezüglichen Vorschlag von deutscher Seite abzuwarten.

[1]) Bei diesen Exkursionen leistete mir Magister M. J. KOTILAINEN Hilfe.

Braunmoore.

Je nachdem verschiedene Braunmoose als Hauptarten in der Bodenschicht auftreten, kann man verschiedene Associationen unterscheiden:

Die *Carex-Amblystegium scorpioides*-Moore, von denen in der Tabelle I N:o 1 u. 2 Beispiele gegeben werden, besitzen eine geschlossene Moosdecke aus *Amblystegium scorpioides*, bisweilen rein, bisweilen mit anderen Braunmoosen gemischt. Die Feldschicht ist ziemlich sparsam und besteht aus Seggen (*Carex lasiocarpa, limosa, Scirpus trichophorum* u. s. w.).

I. Carex limosa-reiches Amblystegium scorpioides-moor; Kaavi, Niinivaara. Vegetationsaufnahme Tabelle I N:o 1.

Die Lage war offen, plan, am Rande eines kleinen, im Verwachsen begriffenen Sees. Die Feuchtigkeit wurde auf 9 geschätzt. Bodenprofil:

0— 20 cm schwach vermoderter Braunmoostorf.
20—>100 » Dytorf.

Analysen (Analysator K. Toivonen):

Probe	Bodenart	Tiefe	N gef.	CaO gef.	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	SO_3	p^H
Ia	Torf	10 cm	1,90	0,28	0,19	0,03	0,08	0,10	0,10	6,5

Nitrifizierung ohne Impfung trat weder mit, noch ohne $CaCO_3$-Zusatz ein. Nach dem Impfen wurde bei Anwesenheit von $CaCO_3$ eine mässige Reaktion erzielt. Ohne $CaCO_3$ trat nur in der angefeuchteten Bodenprobe eine unbedeutende Nitrifizierung ein. Die Mannitkulturen gaben ohne $CaCO_3$ keine sichtbare N-fixierende Vegetation, dafür aber Amylobacter-Gährung. Mit $CaCO_3$ kam ein guter, hellbraun gefärbter Pilzkuchen zustande.

Das *Carex-Amblystegium badium*-Moor habe ich mit ziemlich reiner Bodenschicht aus *Ambl. badium* und mit Feldschicht von mehreren Arten aus sowohl Kräutern als Gräsern kennen gelernt. Am meisten hervortretend waren *Carex polygama* und *chordorrhiza*. Es ist als Standort u. a. für *Helleborine palustris* bemerkenswert.

II. Carex-reiches Amblystegium badium-Moor; Juuka, Juuanvaara. Vegetationsaufnahme Tabelle I N:o 3.

Die Lage war offen und plan, etwa in der Mitte eines grösseren Niedermoores. Sie lag in einem Tal, auf dessen beiden Seiten sich Dolomitfelsen befanden. Feuchtigkeit etwa 7—8. Die Bodenart war tiefer, oben schwach vermoderter Niedermoortorf (Braunmoostorf und Dytorf).

Analysen (Analysator K. Toivonen):

Probe	Bodenart	Tiefe	N gef.	CaO gef	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	SO_3	p^H
IIa	Torf	10 cm	1,86	3,30	0,18	0,07	0,04	0,06	0,07	7,0

Tabelle I.

Braunmoore. 1—2 *Amblystegium scorpioides*-Niedermoore, 3 *Ambl. badium*-Niedermoor, 4—6 *Ambl. revolvens*-Niedermoore, 7—8 *Ambl. stellatum*-Niedermoore, 9—12 *Hypnum trichoides*-Niedermoore, und 13 *Paludella*-Niedermoor.

1. Kaavi, Niinivaara am Strande des kleinen Sees Pieni Lautalampi. 17/6 1921.
2. Kaavi, Niinivaara Lohilammen letto. 18/6 1921.
3. Juuka, Juuanvaara Mantilanniemi. 26/6 1921.
4. Juuka, der Tal zwischen Vesivaara und Petrovaara. 22/6 1921.
5. Juuka, N-Abhang des Vesivaara. 22/6 1921.
6. Juuka, N-Abhang des Vesivaara. 22/6 1921.
7. Kaavi, Luikonlahti bei Petkenlahti. 16/6 1921.
8. Kaavi, Niinivaara Lohilammen letto. 18/6 1921.
9. Juuka, N-Abhang des Vesivaara. 22/6 1921.
10. Puolanka, Pihlajavaara. 26/7 1921.
11. Kaavi, Niinivaara Lohilammen letto. 18/6 1921.
12. Paltamo, Melalahti. 25/7 1921.
13. Kaavi, Luikonlahti bei Petkenlahti. 16/6 1921.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Feldschicht.													
Zwergsträucher.													
Alnus incana	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
Oxycoccus quadripetalus	2	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	2	—
Vaccinium uliginosum	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—
» *vitis idaea*	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
Gräser.													
Agrostis canina	—	—	—	2	1	—	—	—	—	—	—	—	2
» *capillaris*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
Anthoxanthum odoratum	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—
Carex caespitosa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—
» *chordorrhiza*	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
» *dioeca*	—	—	—	—	—	—	—	—	1	3	—	2	2
» *flava*	1	—	2	2	2	2	3	—	—	—	—	—	—
» *Goodenowii*	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	3	2
» *inflata*	—	—	—	2	—	—	2	—	—	—	—	2	2
» *lasiocarpa*	2	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
» *limosa*	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
» *Oederi*	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—
» *panicea*	—	—	2	—	2	2	—	—	—	—	—	—	—
» *pauciflora*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
» *polygama*	—	—	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
» *stellulata*	1	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	2
Deschampsia caespitosa	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Eriophorum latifolium	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	2	—
Festuca rubra	—	—	1	—	—	—	—	—	—	2	—	1	2
Molinia coerulea	—	—	2	1	2	2	—	3	—	—	—	2	—
Nardus stricta	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	2
Phragmites communis	—	1	—	—	3	2	3	—	—	—	—	—	—
Scirpus caespitosus	—	—	2	3	2	2	—	—	—	—	—	—	—
» *trichophorum*	2	2	—	2	4	2	4	4	—	—	—	—	3
Kräuter.													
Angelica silvestris	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	1	—	—
Aracium paludosum	—	—	—	—	—	—	—	—	4	2	4	2	—
Cirsium heterophyllum	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—
Comarum palustre	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
Convallaria majalis	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—
Drosera anglica	3	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
» *rotundifolia*	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	2
Equisetum limosum	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	3	—	1
» *palustre*	—	—	—	—	1	—	—	—	3	3	—	1	—
» *silvaticum*	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
Filipendula ulmaria	—	—	—	—	—	—	—	1	—	3	—	3	—
Galium uliginosum	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—
Geranium silvaticum	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	3	—	—
Geum rivale	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
Gymnadenia conopsea	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
Helleborine palustris	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hieracium vulgatum coll.	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
Listera ovata	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—
Melampyrum pratense	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
» *silvaticum*	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
Menyanthes trifoliata	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—
Orchis incarnatus	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—
» *maculatus*	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
Paris quadrifolia	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—
Parnassia palustris	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	1	—
Pedicularis palustris	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—
Pinguicula vulgaris	—	—	—	1	2	1	—	—	1	—	—	—	—
Polygonum viviparum	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	2	—
Potentilla erecta	—	—	2	2	2	2	2	1	2	—	—	—	2
Pyrola minor	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—
» *rotundifolia*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—
Ranunculus acris	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	1	—	—
Selaginella selaginoides	—	—	1	2	1	1	—	1	2	3	2	2	2
Solidago virgaurea	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—
Vicia cracca	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—
Viola palustris	—	—	—	2	2	1	2	2	—	2	—	—	3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Bodenschicht.													
Amblystegium badium	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
» *intermedium*	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—
» *revolvens*	—	—	—	5	5	5	—	2	—	—	—	—	—
» *scorpioides*	5	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
» *stellatum*	—	—	—	2	2	3	4	4	—	—	—	—	—
» *stramineum*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
» *trifarium*	2	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—
Aulacomnium palustre	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	1	—	—
Cinclidium stygium	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—
Hypnum trichoides	—	—	2	—	—	—	—	2	4	5	5	4	2
Paludella squarrosa	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	1	2	4
Philonotis fontana	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—
Sphagnum angustifolium	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
» *Warnstorfii*	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	1	3	2

Nitrifizierungsversuche ohne Impfung blieben resultatlos, nach dem Impfen wurde eine starke Reaktion erhalten, ohne $CaCO_3$ jedoch nur beim Lagern. Zwischen den Mannitkulturen mit und ohne $CaCO_3$ war wenigstens quantitativ kein Unterschied: es entstand ein schwaches bis mässiges Pilzmycel in beiden, das jedoch unter Abschluss von N-Verbindungen aus der Luft und bei Anwesenheit von $CaCO_3$ in 3 Monaten 2,6 mg N pro 1 g gebotener Mannit fixierte.

Die grasreichen *Amblystegium revolvens*[1])-Moore (Tabelle I N:o 4—6) weisen gewöhnlich neben der Hauptart *Ambl. revolvens* Beimischungen in der Bodenschicht von z. B. *Ambl. stellatum* u. a. auf. Sie haben eine ziemlich gut entwickelte Feldschicht, in welcher Gräser wie *Carex flava*, *Molinia coerulea*, *Scirpus caespitosus* u. *trichophorum*, Kräuter wie *Potentilla erecta* und *Viola palustris* mehr oder weniger regelmässig und in grösserer Abundanz wiederkehren. Bisweilen spielen auch *Phragmites communis* und *Carex polygama* eine hervorragende Rolle. Die *Amblystegium revolvens*-Moore machen bisweilen einen wiesenähnlichen Eindruck. Sie sind in vielen Gegenden nicht selten und nehmen in dem, von mir besuchten Gebiet im nordwestlichen Karelien nur hier und da von *Sphagnum*-Moorwäldern und nackten Niedermooren unterbrochen, ziemlich grosse Areale ein.

[1]) Möglicherweise kann unter *A. revolvens* auch *A. intermedium* mitgenommen sein.

III. Carex-reiches Amblystegium revolvens-Moor; Juuka, Petrovaara. Vegetationsaufnahme Tabelle I N:o 4. Moore von diesem Typus bedecken grosse Areale in einem weiten Tal zwischen den Höhen Vesivaara und Petrovaara. In den Abhängen der Höhen findet man hier und da Dolomitblöcke und auch einige kleine fest anstehende Felsen. Die Lage der Probefläche war offen und plan. Die Bodenart war tiefer, ziemlig gut vermoderter Niedermoortorf; die Feuchtigkeit etwa 8.

Analysen (Analysator K. Toivonen):

Probe	Bodenart	Tiefe	N gef.	CO_2	CaO gef.	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	SO_3	p^H
IIIa	Torf	10 cm	2,88	0,49	1,57	0,15	0,07	0,05	0,09	0,04	6,4

Nitrifizierung kam in geimpften Kulturen zustande und zwar nur in angefeuchteten Bodenproben. Sie war etwas stärker mit $CaCO_3$ als ohne. Die Mannitkulturen ohne $CaCO_3$ fielen der Amylobactergärung anheim. Mit $CaCO_3$ bekam man ein mässiges helles, reichlich grüne Sporen tragendes Mycel.

Die grasreichen *Amblystegium stellatum*-Moore (Tabelle I N:o 7—8) haben auch gewöhnlich neben der Hauptart andere Moose wie z. B. *Ambl. revolvens* in der Bodenschicht. Sie sind dem *Ambl. revolvens*-Moor sehr ähnlich, aber vielleicht etwas artenärmer. Infolge dessen bekommen auch einzelne Arten wie z. B. *Scirpus trichophorum* leichter die Vorherrschaft. Gräser wie *Molinia* und *Phragmites* spielen auch hier gelegentlich eine grosse Rolle.

IV. Carex-Scirpus trichophorum-reiches Amblystegium stellatum-Moor; Kaavi, Luikonlahti. Vegetationsaufnahme Tabelle I N:o 7.

Die Pflanzengesellschaft bildete etwa 60 % der Vegetation eines Moors bei Petkenlahti, das sonst aus Bülten von *Juniperus*-reichem *Sphagnum*-Moorgebüsch bestand. Die Lage war offen und plan, die Bodenart tiefer, mässig vermoderter Niedermoortorf. Die Feuchtigkeit wurde auf 7 geschätzt.

Analysen (Analysator H. Lönnroth):

Probe	Bodenart	Tiefe	N gef.	CO_2	CaO gef.	MgO	K_2O	P_2O_5	SO_3	p^H
IVa	Torf	10 cm	2,47	0,14	1,37	0,38	0,09	0,05	0,06	6,2

Nitrifizierung konnte nur in geimpften, befeuchteten Bodenproben erzielt werden. Die Mannitkulturen zeigten ohne $CaCO_3$ Amylobactergärung, mit $CaCO_3$ dagegen eine gute, graue, sporentragende Pilzvegetation.

Die kraut-grasreichen *Hypnum trichoides*-Moore (Tabelle I N:o 9—12) sind in kalkreichen Gegenden sehr allgemein, nehmen aber selten grössere Areale ein. Sie sind gewöhnlich artenreiche Pflanzengesellschaften. Die

Bodenschicht wird wohl nie aus der Hauptart allein gebildet. Den Eindruck von Konstanten machen *Paludella squarrosa* und der gewöhnlich violett gefärbte *Sphagnum Warnstorfii*, die in varierender Abundanz auftreten. Sowohl Gräser als Kräuter sind reichlich vorhanden, meist ohne dass irgendeine Art dominierend wird. Es sind unter den Gräsern zu nennen: *Carex dioeca* und *Goodenowii* sowie *Eriophorum latifolium*, unter den Kräutern: *Aracium paludosum*, *Equisetum palustre*, *Polygonum viviparum*, *Viola palustris*, dazu eine in den besuchten Gegenden für diese Moore sehr charakteristische Art, *Selaginella selaginoides*.

V. Carex Goodenowii-krautreiches Hypnum trichoides-Moor; Juuka, Vesivaara. Vegetationsaufnahme Tabelle I N:o 9.

Lage offen, sanft nach O abfallend am Fuss der Höhe Vesivaara. Feuchtigkeit durch langsam fliessendes Wasser 6—7. In der Moräne dieser Gegend werden oft Dolomitsteine gefunden. Bodenprofil:

0—10 cm gut vermoderter Braunmoostorf
10— steinige Moräne

Analysen (Analysator K. Toivonen):

Probe	Bodenart	Tiefe	N gef.	CO_2	CaO gef.	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	SO_3	p^H
Va	Torf	5 cm	1,72	0,80	3,15	0,04	0,10	0,02	0,09	0,06	6,6

Nitrifizierung ohne Impfung glückte nicht. Nach Impfung in Lösung kam nur in der $CaCO_3$-Kultur eine gute Reaktion zu stande, in der befeuchteten Probe jedoch auch ohne $CaCO_3$-Zusatz. Die Mannitkulturen zeigten ohne $CaCO_3$ nur ein unbedeutendes, helles Mycel, mit $CaCO_3$ dagegen eine gute, lichtbraune, gallertartige Pilzvegetation, die auf 1 g gebotener Mannit 3,0 mg. N aus der Luft assimilierte.

VI. Carex dioeca-krautreiches Hypnum trichoides-Moor; Puolanka, Pihlajavaara. Vegetationsaufnahme Tabelle I N:o 10.

Die Probefläche ist an einem deutlich gegen W sich neigenden Abhang der Höhe Pihlajavaara gelegen. Die Feuchtigkeit war etwa 7, das Wasser in folge der Neigung in Bewegung. Die Gesteine in der Gegend sind kalkführend. Die Bodenart war bis zu einer Tiefe von 1 m gut vermoderter Niedermoortorf.

Analysen (Analysator E. Ståhlberg, N-Best. H. Lönnroth):

Probe	Bodenart	Tiefe	N gef.	CaO gef.	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	p^H
VIa	Torf	10 cm	3,08	1,50	0,23	0,14	0,01	0,05	6,6

Ausserdem enthielt der Torf bedeutende Mengen Mangan, nach Schätzung etwa 2—3 Proz. MnO.

Die Nitrifizierung wurde nur in geimpften Kulturen studiert. In Lösungen war sie nur bei Anwesenheit von $CaCO_3$ zu konstatieren, in angefeuchteten Bodenproben war sie auch ohne $CaCO_3$ kräftig. Die Mannitkulturen gaben mit und ohne $CaCO_3$ mässige Pilzvegetation.

VII. Krautreiches Hypnum trichoides-Moor; Kaavi, Niinivaara. Vegetationsaufnahme Tabelle I N:o 11.

Die Probefläche lag etwa 2 m entfernt von einem steil in das Moor einfallenden Felsen aus kalkreichem Gestein; Lage sonst offen und plan. Die Feuchtigkeit war etwa 7. Bodenart tiefer, sehr gut vermoderter Niedermoortorf.

Analysen (Analysator K. Toivonen):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	N gef.	N ber.[1])	CO_2 gef.	CaO ber.[1])	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	SO_3	p^H
VIIa	Torf	10 cm	66,9	2,10	3,14	0,92	4,71	6,58	0,70	0,08	0,01	0,09	0,10	7,1

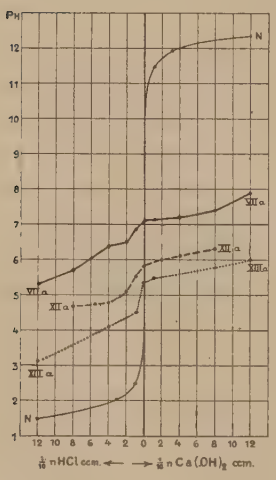

Fig. 2. Titrierungskurven mit Torfböden.

Die mit dieser Probe erhaltene Titrierungskurve (Fig. 2 VII a), die sich auf 5 g Trockensubstans bezieht, zeigt eine, für Torfböden gewöhnliche grosse Widerstandsfähigkeit gegen Alkali. Die aktuelle Nachgiebigkeit gegen Alkali ist 0. Mit Säure ändert sich die Reaktion etwas leichter. Die aktuelle Nachgiebigkeit gegen Säuren ist 0,2 p^H-Einheiten.

Nitrifizierung trat weder in ungeimpften noch in geimpften Lösungskulturen ein. In angefeuchteten, geimpften Proben war die Reaktion auch ohne $CaCO_3$-Zusatz kräftig. Von den Mannitkulturen gab die ohne $CaCO_3$ eine sehr kümmerliche Vegetation. Geruch nach Valeriansäure war deutlich zu spüren. Mit $CaCO_3$ entstand eine ausgezeichnete, dunkelbraune, gallertartige Pilzvegetation, die unter den gewöhnlichen Versuchsbedingungen 4,6 mg N auf 1 g gebotener Mannit fixierte. Wurde aus dieser Vegetation in eine $CaCO_3$-freie Mannitlösung geimpft, so war die fixierte N-Menge nur 1,2 mg.

[1]) Da in humusreichen Böden der N ausschliesslich, das Ca grösstenteils an der organischen Substanz gebunden ist, werden sie in Proz. auf org. Subst. + CaO berechnet. Dies ist nicht völlig korrekt, weil auch aus den mineralischen Beimischungen sich etwas Kalk löst. Der Fehler ist jedoch bei humus- und kalkreichen Böden klein.

VIII. Carex Goodenowii-krautrieches Hypnum trichoides-Sphagnum Warnstorfii-Moor; Paltamo, Melalahti. Vegetationsaufnahme Tabelle I N:o 12.

Die Probefläche liegt in der Nähe und westlich von einem niedrigen Dolomitschiefer-rücken. Die Lage ist offen und plan. Feuchtigkeit 6—7. Die Bodenart war tiefer, gut vermoderter Niedermoortorf.

Analysen (Analysator E. Ståhlberg, N und org. Subst. H. Lönnroth):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	N gef.	N ber.	CaO gef.	CaO ber.	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	p^H
VIIIa	Torf	20 cm	71,1	2,91	3,77	3,59	4,81	0,12	0,09	0,01	0,05	6,0

Die Nitrifizierung wurde nur nach Impfung untersucht. Sie war mit und ohne $CaCO_3$-Zusatz in Lösungen mässig, in angefeuchteten Kulturen stark. Auch die Mannit-Anreicherungskulturen zeigten beinahe keinen Unterschied zwischen den $CaCO_3$-haltigen und $CaCO_3$-freien Proben. Die Vegetation war in beiden eine ziemlich gute, dunkelgraue Pilzdecke.

Das gras- und krautreiche *Paludella*-Moor. Von dieser Gesellschaft, die in den, von mir beobachteten Fällen durch Übergänge mit dem vorigen verbunden war, besitze ich nur eine Aufnahme (Tabelle I N:o 13). Es scheint auch der Zusammensetzung der Feldschicht nach mit dem *Hypnum trichoides*-Moor nahe verwandt zu sein.

IX. Kleinseggenreiches Paludella squarrosa-Moor; Kaavi, Luikonlahti. Vegetationsaufnahme Tabelle I N:o 13.

Lage plan und offen, Feuchtigkeit etwa 7. Die Bodenart war tiefer, schwach vermoderter Niedermoortorf.

Analysen (Analysator H. Lönnroth):

Probe	Bodenart	Tiefe	N gef.	CO_2	CaO gef.	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	SO_3	p^H
IXa	Torf	10 cm	2,32	0,49	1,30	0,46	0,04	0,07	0,05	0,04	5,6

Nitrifizierung trat in Lösungen weder mit noch ohne $CaCO_3$ ein, auch nicht wenn geimpft wurde. Eine geimpfte Kultur mit feuchter Erde gab dagegen gute Reaktion. Die Mannitkultur ohne $CaCO_3$ gab kaum Spuren von Entwicklung, die mit $CaCO_3$ dagegen zeigte eine gute Pilzvegetation, welche die Flüssigkeit klar gelb färbte. Sie fixierte unter den gewöhnlichen Bedingungen 3,0 mg N pro 1 g gebotener Mannit.

Sphagnum-Niedermoore.

Die Vegetationsaufnahmen von den sog. *Sphagnum*-Niedermooren stammen aus denselben Gegenden wie die obigen. In anderen Teilen des Landes dürften z. B. *Sphagnum teres* und *subsecundum* die am meisten hervortretenden Arten dieser, sehr wenig bekannten Pflanzengesellschaften sein. In den, von mir aufgenommenen Vereinen war aber *Sphagnum Warnstorfii* entschieden die vorherrschende Art, so dass man von *Sphagnum Warnstorfii*-Moore sprechen kann.

Die *Sphagnum Warnstorfii*-Moore (Tabelle II N:o 1—6) sind sehr artenreiche Pflanzengesellschaften. In der Bodenschicht kommen häufig *Hypnum trichoides* und *Paludella* vor, wodurch sie sich den *Hypnum trichoides*-Braunmooren nähern. Die Feldschicht kann die verschiedensten Gräser und Kräuter enthalten, von denen aber nur wenige öfter wiederkehren und selten eine Art zur Vorherrschaft gelangt. Unter den allgemeineren seien genannt: *Carex dioeca, Eriophorum latifolium, Aracium paludosum, Equisetum palustre, Melampyrum pratense, Menyanthes trifoliata, Parnassia palustris, Viola palustris.*

X. Kleinseggenreiches Sphagnum Warnstorfii-Moor; Juuka, Juuanvaara. Vegetationsaufnahme Tabelle II N:o 1.

Lage offen, plan; Feuchtigkeit etwa 7. Bodenprofil:

0—10 cm *Sphagnum*-Torf
10— schwach vermoderter *Ambl. badium*-Torf.

Analysen (Analysator K. Toivonen):

Probe	Bodenart	Tiefe	N gef.	CaO gef.	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	p^H
Xa	Torf	10—15 cm	1,31	2,23	0,30	0,07	0,06	0,10	6,7

Nitrifizierung kam in den Lösungskulturen weder mit $CaCO_3$ noch nach Impfung zustande. Nach Zusatz von $CaCO_3$ zu einer angefeuchteten, geimpften Bodenprobe wurde eine gute Reaktion erhalten. Von den Mannitkulturen gab die $CaCO_3$-freie nur eine schwache, die $CaCO_3$-Kultur aber eine gute, braune, gallertartige Pilzvegetation.

XI. Carex Goodenowii-krautreiches Sphagnum Warnstorfii-Moor; Kaavi, Niinivaara. Vegetationsaufnahme Tabelle II N:o 2.

Die Probefläche liegt in der Nähe von dem See Louhilampi. Das ganze Moor weist grosse, mit Kiefern, Fichten, Grauerlen und Wacholdern bewachsene Bülten auf. Die Lage war plan, der Standort etwas durch die Bäume beschattet. Feuchtigkeit 7. Die Bodenart war tiefer, mässig vermoderter Niedermoortorf.

Tabelle II.

1—6 *Sphagnum Warnstorfii*-Niedermoore, 7—9 nackte Niedermoore.

1. Juuka, Juuanvaara Mantilanniemi. 26/6 1921.
2. Kaavi, Niinivaara Lohilammen letto. 18/6 1921.
3. Juuka, Halivaara. 21/6 1921.
4. Puolanka, Pihlajavaara. 26/7 1921.
5. Puolanka, Pihlajavaara. 26/7 1921.
6. Puolanka, Salmijärvi. 27/7 1921.
7. Juuka, Halivaara. 20/6 1921.
8. Paltamo, Melalahti. 25/7 1921.
9. Juuka, Vesivaara, bald nördlich des Sees Kuusjärvi. 22/6 1921.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Baumschicht.									
Betula pubescens	—	—	—	—	—	1	—	—	—
Gebüschschicht.									
Betula pubescens	—	—	—	—	—	1	—	—	—
Picea abies	—	—	—	—	—	1	—	—	—
Feldschicht.									
Zwergsträucher.									
Andromeda polifolia	2	—	—	—	—	—	—	2	—
Betula pubescens	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Calluna vulgaris	—	—	—	—	—	—	—	1	—
Empetrum nigrum	—	—	—	—	1	—	—	—	—
Oxycoccus quadripetalus	—	2	—	—	—	—	—	—	—
Pinus silvestris	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Salix phylicifolia	1	—	1	—	—	—	—	—	—
Gräser.									
Agrostis canina	2	—	2	—	—	—	—	—	—
» *capillaris*	—	—	—	—	2	—	—	—	—
Carex caespitosa	—	—	—	2	—	—	—	—	—
» *canescens*	—	—	1	—	—	—	—	—	—
» *diandra*	2	—	—	—	—	—	—	—	—
» *dioeca*	3	—	3	2	3	—	2	—	—
» *flava*	—	—	—	—	—	—	2	2	1
» *Goodenowii*	—	3	2	—	—	—	—	—	—
» *heleonastes*	1	—	—	—	—	—	—	—	—
» *inflata*	—	—	3	—	—	—	2	—	—
» *lasiocarpa*	2	—	—	—	—	2	—	—	—
» *limosa*	—	—	1	—	—	—	4	—	—
» *magellanica*	—	—	—	—	—	2	—	—	—
» *panicea*	—	—	—	—	—	—	1	—	2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Carex polygama	2	—	—	—	—	—	—	—	3
» *stellulata*	—	—	—	—	—	—	2	—	—
Deschampsia caespitosa	—	—	—	1	—	—	—	—	—
Eriophorum gracile	—	—	—	—	—	—	1	—	—
» *latifolium*	1	2	2	2	2	—	3	—	1
Festuca rubra	2	—	—	—	—	—	—	—	—
Juncus stygius	—	—	—	—	—	—	2	—	—
Molinia coerulea	—	—	—	—	—	—	1	2	—
Nardus stricta	—	—	3	—	—	—	—	—	—
Phragmites communis	1	—	—	—	—	—	—	—	2
Poa pratensis	—	—	—	1	2	—	—	—	—
Rhynchospora alba	—	—	—	—	—	—	2	—	—
Scirpus caespitosus	—	—	—	—	—	—	—	—	2
» *trichophorum*	2	—	—	—	—	—	2	3	—
Kräuter.									
Angelica silvestris	—	2	1	2	2	—	—	—	—
Aracium paludosum	—	4	3	2	2	—	—	—	—
Caltha palustris	—	—	—	2	—	—	—	—	—
Cirsium heterophyllum	—	2	—	—	—	—	—	—	—
Comarum palustre	2	—	2	—	—	—	—	—	—
Drosera anglica	—	—	—	—	—	—	2	—	1
» *rotundifolia*	—	—	—	—	2	—	—	—	—
Epilobium palustre	—	—	—	2	—	—	—	—	—
Equisetum limosum	1	2	—	—	—	2	—	—	—
» *palustre*	—	—	1	4	2	—	—	—	—
Filipendula ulmaria	—	2	2	—	—	—	—	—	—
Galium palustre	—	—	2	—	—	—	—	—	—
Geranium silvaticum	—	1	—	—	2	—	—	—	—
Geum rivale	—	—	1	2	2	—	—	—	—
Gymnadenia conopsea	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Helleborine palustris	2	—	—	—	—	—	—	—	—
Listera ovata	—	—	—	—	—	2	—	—	—
Melampyrum pratense	—	—	—	2	1	2	—	—	—
Menyanthes trifoliata	2	—	—	—	—	4	1	—	—
Naumburgia thyrsiflora	—	—	—	1	—	—	—	—	—
Orchis incarnatus	—	—	—	—	—	—	1	—	—
» *maculatus*	1	1	—	—	—	—	—	—	—
Parnassia palustris	—	—	1	2	2	—	—	—	—
Pedicularis palustris	—	—	1	—	—	—	—	—	—
Pinguicula vulgaris	—	—	—	—	—	—	—	2	—
Polygonum viviparum	—	—	2	—	—	—	—	—	—
Potentilla erecta	2	—	3	—	—	—	1	—	—
Pyrola rotundifolia	1	—	—	—	—	1	—	—	—
» *secunda*	—	—	1	—	—	—	—	—	—

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ranunculus acris	—	—	—	2	—	—	—	—	—
Rubus arcticus	—	1	—	—	—	—	—	—	—
Selaginella selaginoides	—	2	2	—	3	—	—	2	—
Tofieldia palustris	—	—	—	—	—	—	—	1	—
Trientalis europaea	—	—	1	—	—	—	—	—	—
Vicia cracca	—	—	2	—	—	—	—	—	—
Viola epipsila	—	2	—	—	—	—	—	—	—
» *palustris*	—	—	2	2	2	—	—	—	—
Bodenschicht.									
Amblystegium revolvens	—	—	—	—	—	—	—	2	—
» *scorpioides*	—	—	—	—	—	—	2	—	2
» *stellatum*	—	—	—	—	—	—	2	—	—
» *stramineum*	—	—	1	—	—	—	—	—	—
Aulacomnium palustre	2	—	2	—	—	—	—	—	—
Dicranum Bonjeani	—	—	—	—	2	2	—	—	—
Hypnum trichoides	—	2	—	—	2	2	—	—	—
Paludella squarrosa	—	2	2	—	2	2	—	—	—
Sphagnum Warnstorfii	5	5	4	5	4	4	—	—	—
Thuidium Blandowii	—	—	1	—	—	—	—	—	—
Utricularia minor	—	—	—	—	—	—	—	—	1

Analysen (Analysator H. LÖNNROTH):

Probe	Bodenart	Tiefe	N gef.	CaO gef.	MgO	p^H
XIa	Torf	10 cm	2,31	1,22	0,35	6,5

Eine gute Nitrifizierung trat schon ohne Impfung in der $CaCO_3$-Lösungskultur ein. Auch ohne $CaCO_3$, wurde in einer angefeuchteten Bodenprobe eine mässige Reaktion erhalten. Die Mannitkulturen gaben gutes, gelbes Pilzmycel, das die Nährflüssigkeit klargelb färbte. Die Vegetation war mit $CaCO_3$ etwas besser als ohne. Mit $CaCO_3$ wurde 3,0, ohne $CaCO_3$ 2,4 mg N auf 1 g zugegebener Mannit fixiert.

XII. KRAUTREICHES SPHAGNUM WARNSTORFII-MOOR; Puolanka, Salmijärvi. Vegetationsaufnahme Tabelle II N:o 6.

Ein weites, mit einzelnen Birken bewachsenes Moor. In der Umgebung begegnet man hier und da Dolomitfelsen. Die Lage war plan und offen, die Feuchtigkeit 7. Bodenart tiefer, mässig vermoderter Niedermoortorf.

Analysen (Analysator H. LÖNNROTH):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	N gef.	N ber.	CaO gef.	CaO ber.	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	p^H
XIIa	Torf	10 cm	77,2	2,42	3,14	3,71	4,59	0,29	0,07	0,03	0,06	5,8

Die Titrierungskurve (Fig. 2 XII a S. 32) wurde mit Torfmengen von je 5 g gemacht und zeigt eine beträchtliche Pufferstärke gegen Alkali (aktuelle Nachgiebigkeit etwa 0,1). Gegen Säure ist die Reaktion viel weniger resistent (aktuelle Nachgiebigkeit 0,3), was in betracht des hochen Ca-Gehaltes des Torfes bemerkenswert ist. Erst bei etwa p^H 4,5—4,7 scheint eine gewisse Stabilität der Reaktion einzutreten.

Gute Nitrifizierung wurde nur in einer geimpften, angefeuchteten Kultur mit $CaCO_3$ erzielt. Die Mannit-Anreicherungskulturen gaben mit und ohne $CaCO_3$ eine mässige, graugelbe Pilzvegetation.

Nackte Niedermoore.

Von den nackten Niedermooren besitze ich nur wenige Aufnahmen. Sie sind ja dadurch gekennzeichnet, dass sie keine geschlossene Bodenschicht haben, weshalb der Torfboden zwischen den mehr oder weniger lichten Individuen der Feldschicht bloss oder höchstens von Algen bedeckt daliegt.

Im südlichen Finnland spielen sie nur eine unbedeutende Rolle als kleine offene Partien an den Rändern von anderen Moortypen oder sonst im Zusammenhang mit diesen. Gegen Norden werden sie immer allgemeiner und haben schon in den früher genannten Gebieten in den nördlichen Teilen von Savolax und Karelien sowie in Österbotten eine ziemlich grosse Ausdehnung.

Unter den nackten Niedermooren gibt es mehrere verschiedene Typen. Hier mögen nur ein paar Beispiele angeführt werden: Tabelle II N:o 9 zeigt eine artenarme Form in der *Carex polygama*, *Scirpus caespitosus* und *Phragmites* die Hauptrolle spielen. Die zwei übrigen Beispiele (Tabelle II N:o 7—8) zeigen eine üppigere Vegetation und nähern sich hierdurch wie auch durch das Vorhandensein von spärlichen Braunmoosen in der Bodenschicht den Braunmooren. Dieselben Arten, die für diese karakteristisch waren, kehren auch hier im grossen ganzen wieder.

XIII. Grasreiches, nacktes Niedermoor; Juuka, Halivaara. Vegetationsaufnahme Tabelle II N:o 7.

Die Probefläche lag auf einem beinahe planen, offenen Moor in der Nähe von Halivaara. Die Bodenart war tiefer Dytorf. Die Feuchtigkeit wurde auf 8 geschätzt; das Wasser schien sich langsam zu bewegen.

Analysen (Analysator H. Lönnroth, org. Subst. E. Ståhlberg):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	N gef.	N ber.	CaO gef.	CaO ber.	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	p^H
XIIIa	Torf	10 cm	80,5	3,04	3,78	0,36	0,45	0,03	0,02	0,04	0,02	5,4

Die Titrierungskurve (Fig. 2 XIII a S. 32), die sich leider aus zu wenigen Bestimmungen mit je 5 g Torf zusammensetzt, zeigt gegen Alkali die gewöhnliche

grosse Resistenz (aktuelle Nachgiebigkeit 0,1). Gegen Säure ist dagegen die Nachgiebigkeit ungewöhnlich gross.

Die Nitrifizierung gelang in ungeimpften und $CaCO_3$-freien Kulturen nicht. Dagegen gab eine geimpfte, $CaCO_3$-haltige Lösungskultur gute Reaktion. Von den Mannitkulturen roch die ohne $CaCO_3$ nach Buttersäure; das Pilzmycel war schlecht, die N-Fixierung kaum messbar. Dagegen entwickelte sich mit $CaCO_3$ eine gute, dunkelbraune Pilzvegetation, die 5,6 mg N, den grössten, bisjetzt gefundenen Betrag, auf 1 g Mannit fixierte.

XIV. Scirpus trichophorum-reiches nacktes Niedermoor; Paltamo, Melalahti. Vegetationsaufnahme Tabelle II N:o 8.

Das Moor bildete ziemlich grosse Flecken in einem Moorgebüsch. Die Lage war offen und plan, die Bodenart tiefer Dytorf, die Feuchtigkeit etwa 8.

Die Bodenprobe stammt aus 20 cm Tiefe. Sie wurde nur auf ihr p^H und mikrobiologisch untersucht. Die Reaktion war sauer, p^H 5,6. Nitrifizierung fand nicht ohne Impfung statt. Nach dem Impfen gaben schon die Lösungskulturen ein Ergebnis, die ohne $CaCO_3$ eine schwache, die mit $CaCO_3$ eine mässige Reaktion. Die Mannitkulturen gaben beide ein mässiges bis schwaches Pilzmycel.

XV. Zu den Moorwiesen ist am nächsten die unten behandelte krautreiche Carex capillaris-Wiese zu zählen. Ihre Feldschicht ist gut entwickelt, ausserdem findet sich in der Bodenschicht reichlich für die oben besprochenen kalkliebenden Niedermoorgesellschaften charakteristische Moose. Die Vegetationsaufnahme wurde am 27 Juli 1921 in Puolanka, Salmijärvi nördlich von dem Uleå-See gemacht.

Feldschicht: Gräser: *Carex capillaris* 3, *C. pallescens* 3, *Agrostis capillaris* 3-, *Festuca rubra* 2-, *Carex vaginata* 1, *Deschampsia caespitosa* 1, *Luzula sudetica* 1. Kräuter: *Polygonum viviparum* 3, *Aracium paludosum* 3-, *Filipendula ulmaria* 2, *Ranunculus acris* 2, *Galium uliginosum* 2, *Parnassia palustris* 2-, *Selaginella selaginoides* 2-, *Galium palustre* 1, *Trifolium pratense* 1, *Tr. repens* 1, *Angelica silvestris* 1, *Equisetum palustre* 1.
Bodenschicht: *Sphagnum Warnstorfii* 4, *Hypnum trichoides* 2.

In der Nähe der Probefläche befinden sich flache Dolomitfelsen. Die Lage war offen und schwach nach W geneigt, die Feuchtigkeit 5—6. Bodenprofil:

0—40 cm gut vermoderter Torf
40— sandige Moräne.

Analysen (Analysator E. Ståhlberg, org. Subst. H. Lönnroth):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	CaO gef.	CaO ber.	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	p^H
XVa	Torf	10 cm	67,06	4,62	6,45	0,18	0,02	0,06	0,09	6,4

Nitrifizierung fand nach Impfung sowohl mit als ohne $CaCO_3$-Zusatz statt, wurde aber von $CaCO_3$ deutlich befördert. Die Mannitkulturen gaben mit und ohne $CaCO_3$ mässige Pilzentwicklung.

Besprechung.

Sämtliche Moortypen, ausser vielleicht den beiden *Amblystegium scorpioides*-Mooren, sind als mehr oder weniger kalkbegünstigt zu betrachten, weniger die nackten Grasmoore, mehr die krautreichen *Hypnum trichoides*-Moore. In derartigem Artenreichtum treten sie kaum ausser in solchen Gegenden des finnländischen Festlandes auf, wo $CaCO_3$-enthaltende Gesteine vorkommen. Wenn man von den Moosen absieht, ist jedoch die Zahl der gewöhnlich als mehr ausgesprochen calciphil betrachteten Gefässpflanzen ziemlich bescheiden: *Carex capillaris* (nur in einer Moorwiese), *C. dioeca*, *Eriophorum latifolium*, *Helleborine palustris*, *Listera ovata*, *Orchis incarnatus* und *Selaginella selaginoides*. *Das charakteristische liegt in der grossen Artenzahl von indifferenten oder höchstens sehr schwach kalkbegünstigten Pflanzen.* Dies ist so zu verstehen, dass die sonst exklusiven Moorstandorte in Kalkgegenden andere Eigenschaften bekommen, die den eventuellen nachteiligen Einfluss der Nässe teilweise kompensieren und so einer Menge von Pflanzen den Zutritt eröffnen.

Da die Zufuhr von gelöstem Kalk und anderen Mineralstoffen zu den Mooren von den Kalkfelsen und Mineralböden her erfolgt, ist es eine natürliche und oft beobachtete Tatsache, dass die am meisten eutrafenten und kalkbegünstigten Moorgesellschaften an den Rändern (lagg) der Moorkomplexe angetroffen werden oder auch da, wo eine mässige Neigung für die stetige Bewegung des Bodenwassers sorgt. Diese Standortsbedingungen stimmen für die meisten der von mir untersuchten Probeflächen. In einigen Fällen (z. B. XII) lagen sie jedoch weiter vom Moorrande entfernt, wo sich die Vegetation sonst immer leichter in oligotrafenter Richtung entwickelt.

Die meisten Gesellschaften haben als Substrat über 1 m tiefen Torf gehabt, dessen botanische Zusammensetzung wegen des meist vorgeschrittenen Vermoderungsgrades makroskopisch oft schwer festzustellen war. Nur das, auf einem sanften Moränenabhange gelegene *Hypnum trichoides*-Moor (V) und die *Carex capillaris*-Moorwiese wuchsen auf dünnen Torfschichten.

In Bezug auf die Feuchtigkeit ist das *Amblystegium scorpioides*-Moor als das am meisten hydrophile (9) zu betrachten. Danach kommen *Amblystegium revolvens*- und *badium*-Moore sowie die nackten Niedermoore[1]). (8). Etwas

[1]) Unter diesen trifft man häufig Gesellschaften, die noch stärker feuchtigkeitsliebend sind.

weniger hydrophil scheinen unter den Braunmooren das *Ambl. stellatum*-, das *Hypnum trichoides*- und das *Paludella*-Moor zu sein (7, bzw. 6—7) und derselbe Feuchtigkeitsgrad ist auch den *Sphagnum Warnstorfii*-Mooren günstig.

Ihren Charakter als »Kalkmoore» geben die behandelten Gesellschaften durch einen im allgemeinen *ziemlich hohen Gehalt an leichtlöslichem Ca* im Substate an. Dieser schwankte in den Braunmooren zwischen 1,30—4,71 Proz. Die *Sphagnum Warnstorfii*-Moore gediehen auch auf bisweilen stark Ca-haltigem Substrat (1,22—3,71 Proz. CaO). Das untersuchte nackte Niedermoor war kalkarm (0,36 Proz. CaO). Dagegen war der Kalkgehalt der *Carex capillaris*-Moorwiese erwartungsgemäss bedeutend (gefunden 4,62 Proz., auf die organische Substanz + CaO berechnet 6,45 Proz. CaO). Diese Werte stimmen mit den Befunden anderer finnländischer Forscher gut überein. So erhielt Valmari in den Böden dreier Braunmoorwiesen 2,58—4,48 Proz. CaO, Warén fand im *Paludella-Sphagnum*-Torf 2,0 Proz. CaO und Kotilainen in der *Amblystegium-Cyperaceae*-Torfartsgruppe 0,94—4,26 Proz. CaO.

Wenn der Kalk in Form von löslichem, saurem Kalciumkarbonat mit dem Wasser in die Moore gelangt, setzt er sich hier mit den organischen Bestandteilen des Bodens um, wobei diese neutralisiert und in gewissem Grade gesättigt werden. Dabei bleiben in der Regel keine nachweissbare Mengen Karbonat im Torfe zurück, was auch die niedrigen, von denen anderer kalkarmer Böden sich kaum unterscheidenden CO_2-Beträge zeigen. Erst wenn der Sättigungsgrad ganz oder beinahe erreicht ist, kann Kalkkarbonat im Torfe zu finden sein. Wahrscheinlich war dies in den Proben V a und VII a der Fall, wo so hohe Kohlendioxidgehalte wie 0,80—0,92 Proz. gefunden wurden.

Mit der stetigen Zufuhr kalkhaltigen Wassers und der dadurch bewirkten Sättigung des Torfes hängen die hohen p^H-Werte zusammen. *Die Reaktion der meisten untersuchten Moorgesellschaften hat sich nämlich nur wenig vom Neutralpunkte entfernt.* Eine neutrale Reaktion (p^H 7,0—7,1) ist im Torfe zweier Moore, eines *Amblystegium badium*- und eines *Hypnum trichoides*-Moors gefunden worden. Die meisten Braunmoore wie auch die *Sphagnum Warnstorfii*-Moore haben sich in den Grenzen p^H 6,0—6,7 gehalten. Etwas saurere Reaktion (p^H 5,6—5,8) wurde in einem *Paludella*-Moor und dem grossen *Sphagnum Warnstorfii*-Moor von Puolanka, Salmijärvi (XII) gefunden. Auch die zwei nackten Niedermoore waren deutlich sauer (p^H 5,4—5,6). Kotilainen hat später eine grosse Menge Braunmoore, Rimpi-Braunmoore und Braunmoorbrüche (Cajander 1913), also ausser wahren Braunmooren auch einige Moorwälder und nackte Niedermoore untersucht und findet in diesen Reaktionszahlen 4,5—7,2, meist jedoch 5,2—5,8. Die Zahlen, und noch mehr die aus oligotrafenten Mooren erhaltenen, liegen im allgemeinen bedeutend niedriger als meine, was auf der verschiedenen Methodik beruhen dürfte. Kotilainen hat seine Bestimmungen mit Trénels Azidimeter unter Zusatz

von einer Kinhydronlösung zu den Torfproben ausgeführt, wogegen ich, wie gesagt, die Wasserstoffelektrode von MICHAELIS und möglichst dicke Aufschwemmungen benutzte.[1]) *Die Reaktion ist in Torfböden gewöhnlich sehr stabil.* Dies zeigen auch die Kurven für die Proben VII und XII wogegen die Probe XIII eine für diese Böden ungewöhnlich grosse Nachgiebigkeit gegen Säure aufweist.

Wenn auch die verhältnismässig neutrale Reaktion in den meisten Fällen durch den Kalk bewirkt wird, so besteht doch, wie bekannt (vergl. z. B. WARÉN S. 79), keine strenge Proportionalität zwischen den p^H-Zahlen und dem Kalkgehalte. Trotz des hohen Kalkbetrages (gef. 3,71, ber. 4,59 Proz. CaO) ist die Reaktion des *Sphagnum Warnstorfii*-Moores XII deutlich sauer (p^H 5,8). Andererseits ist das *Amblystegium scorpioides*-Moor I sehr kalkarm (0,28 Proz. CaO), aber nichtsdestoweniger beinahe neutral (p^H 6,5), hier offenbar weil es am Rande eines kleinen Sees vorkommt, dessen Wasser die neutrale Reaktion aufrecht erhält.

Der hohe Kalkgehalt und vor allem die neutrale oder nur wenig saure Reaktion des Torfes sind ohne Zweifel wichtige Eigenschaften, wodurch die untersuchten Moorböden sich in einer für die meisten Pflanzen vorteilhaften Richtung von den gewöhnlichen unterscheiden. Etwas ähnliches kann nicht aus den Analysen der übrigen *leichtlöslichen Mineralstoffe* gelesen werden. *Sie gaben meist Werte, die wenigstens nicht höher waren als in anderen Torfarten*, eher niedriger. Die Prozentzahlen für MgO schwankten zwischen 0,03—0,30; nur in der Serpentingegend von Kaavi wurden höhere Beträge 0,35—0,70 erhalten. Die Kalimengen betrugen 0,02—0,14 Proz. K_2O; die höchsten Zahlen (0,10—0,14 Proz.) wurden in den, auf Moräne ruhenden, verhältnismässig dünnen Torfschichten der Moore V und VI erhalten. Die Na_2O-Beträge, die man bei den Analysen beinahe umsonst bekommt, waren durchgehend sehr niedrig (0,01—0,08 Proz.). Die Phosphorbestimmungen gaben 0,02—0,10 Proz. P_2O_5 und die Schwefelbestimmungen 0,04—0,10 Proz. SO_3. Der von allen an leichtlöslichen Mineralstoffen ärmste Boden war der, des grasreichen, nackten Niedermoores aus Juuka, Halivaara (MgO 0,031, K_2O 0,02 P_2O_5 0,02 Proz.). — Zum Vergleich seien die Prozentzahlen von WARÉN zitiert, die er ohne einen bestimmten Zusammenhang mit der botanischen Komposition der Moore in verschiedenen Torfproben erhielt: MgO 0,04—0,25, K_2O 0,01—0,28, P_2O_5 Spuren —0,13 Proz.

Im Gegensatz zu den Mineralstoffen *ist der Totalstickstoffgehalt in den untersuchten Braunmooren recht bedeutend gewesen.* Er betrug nämlich 1,72—3,08 Proz. In den *Sphagnum Warnstorfii*-Mooren war er 1,31—2,42 Proz. Auch

[1]) In Norwegen findet CHRISTOPHERSEN in den *Amblystegium*-Mooren p^H 5,3—6,7, was mit meinen Werten gut übereinstimmt.

das nackte Niedermoor von Halivaara zeichnete sich durch eine sehr hohe Prozentzahl (3,04) aus. Zum Vergleich sei erwähnt, dass VALMARI in Braunmoorwiesen-Torf 1,52—3,07 Proz. und WARÉN in *Paludella-Sphagnum*-Torf 2,9 Proz. N erhielten. KOTILAINEN gibt für seine *Amblystegium-Cyperaceae*-Torfartsgruppe 1,26—2,95 Proz. an.

Wir kommen jetzt auf die mikrobiologischen Eigenschaften der untersuchten Torfarten zu sprechen und haben zuerst festzustellen, dass die stickstoffixierende Mikroflora gewöhnlich reichlich vertreten gewesen ist. In den allermeisten Fällen kam wenigstens nach $CaCO_3$-Zusatz eine ausgiebige Vegetation zustande, die nicht geringe N-Beträge aus der Luft fixierte. Es handelt sich um Mengen von 2,8—5,6 mg N bei annäherndem Verbrauch von 1 g Mannit. Ohne $CaCO_3$ war das Wachstum meist viel schwächer und der fixierte N-Betrag, nach ein paar Analysen zu urteilen, auch geringer. Da die N-Fixierung von der Art und Menge der vorhandenen Kohlenstoffquelle sowie von vielen anderen unbekannten Umständen abhängig ist, kann man sich natürlich nicht auf Grund der Laboratoriumversuche über die tatsächlich im Boden stattfindenden Vorgänge äussern. *Das Vorhandensein von stark N-fixierenden Mikroorganismengesellschaften in diesen Torfen ist jedoch bewiesen, was immerhin von grosser Bedeutung sein dürfte.* Durch die sehr wahrscheinlich wirklich stattfindende N-Sammlung im Boden können auch die hohen Totalstickstoffzahlen erklärt werden. Trotzdem dass jährlich bedeutende N-Mengen von der üppigen Vegetation aufgenommen und in den, an Mächtigkeit immer wachsenden Torfschichten festgelegt werden, hält sich der N-Gehalt im Gegensatz zu den Mineralstoffbeträgen hoch. Sehr auffallend sind der grosse N-Gehalt und die starke Fixierungsfähigkeit der Mikroorganismen in der Torfprobe XIII aus Juuka, Halivaara. Wahrscheinlich findet die reiche Grasvegetation hierdurch eine gewisse Kompensation für die ungünstigen Umstände, die ein sehr niedriger Gehalt an leichtlöslichen Mineralnährstoffen und eine ziemlich saure, dazu nach der sauren Seite nachgiebige Reaktion darstellen.

Der Stickstoff scheint in diesen Torfböden wenigstens nicht regelmässig nitrifiziert zu werden. Zwar eignen sie sich für die Nitrifizierung gut, es sieht aber so aus, als ob die betreffenden Bakterien oft fehlten, da *die Nitratreaktion meist erst nach Impfung zustandekommt.* In vielen Fällen war der Versuch erst erfolgreich, wenn die zum Lagern hingestellten Bodenproben angefeuchtet wurden. Dies gilt besonders für die Versuche ohne Zusatz von $CaCO_3$. Die meisten Proben gaben auch ohne $CaCO_3$-Zusatz Nitratreaktion, wenn auch diese durch Karbonat oft deutlich gefördert wurde. Einige regelmässigen Unterschiede zwischen den verschiedenen Moorgesellschaften in bezug auf die Nitrifizierung können nicht festgestellt werden.

II. Wiesen und Wiesenwälder auf Åland.

Die s. g. Laubwiesen Ålands und die sich ihnen anschliessenden wiesenartigen Vegetationstypen sind ausfürlich von PALMGREN (1915—16) beschrieben worden. Er bezeichnet sie als mehr oder weniger für kalkreiche Böden charakteristisch. Bodenuntersuchungen sind jedoch nicht vorgenommen worden. Während des Sommers 1924 hatte ich Gelegenheit zusammen mit Prof. Dr. BENJ. FROSTERUS eine Reise durch Åland vorzunehmen und machte dabei einige Vegetationsaufnahmen sowie Beobachtungen über die Standorte einiger, als kalkliebend betrachteten Pflanzengesellschaften. Im Laboratorium wurden im folgenden Herbst einige mitgenommene Bodenproben untersucht. Es wurden die Gehalte an in 4 prozentiger HCl löslichem Kalk, oft auch übrigen leichtlöslichen Nährstoffen analysiert. In den Bodenproben wurde ausserdem die Reaktion elektrometrisch und kolorimetrisch bestimmt, sowie einige Titrierungskurven ermittelt.

Sesleria-Wiesen.

Während die meisten in einer gewissen Gegend als kalkstet oder kalkhold bezeichneten Gefässpflanzen unter Umständen auch ohne Kalkkarbonat vorkommen können, ist, soweit ich die Literatur überblicken kann, *Sesleria coerulea* von sämtlichen Autoren unter den ausgesprochenen Kalkpflanzen aufgezählt worden. Auf Åland ist dieses Gras (nur das Subspezies *uliginosa* kommt vor) sehr verbreitet, mangelt aber vollständig auf dem Festlande. Nach PALMGREN (1921) sind die östlichsten Fundorte auf Vårdö und Sottunga gelegen, also schon etwas westlich von der Grenze der Silurmoräne. Über *Sesleria coerulea* sagt PALMGREN (S. 91): »Häufig im Westlichen und Östlichen Åland und in Vårdö, mit abnehmender Frequenz in Föglö, Sottunga und Kökar.»

Sesleria coerulea tritt als Charakterpflanze in einigen gewöhnlich an niedrigen Kräutern reichen Wiesen auf, die auf Åland wie in den schwedischen Schären jenseits des Åland-Meers oft unmittelbar in der Nähe von dem Meeresstrande auftreten, näher gesagt eine supralitorale (epilitorale) Lage haben. Ausserdem kommen *Sesleria*-Wiesen auf Åland häufig auch in weiterer Entfernung vom Meere vor. Sie sind früher von PALMGREN (1915—16) geschildert worden, der zwei Typen: »die typische *Sesleria*-Wiese» und »die höhere *Sesleria*-Wiese» unterscheidet. Meine Beispiele wären der Zusammensetzung nach zu den »höheren *Sesleria*-Wiesen» zu zählen.

Es werden hier einige Vegetationsaufnahmen und die dazu gehörigen Standortsbeobachtungen erwähnt.

I. Sesleria-Wiese, Lemland, Nåtö. Vegetationsaufnahme Tabelle III N:o 1.

Die Probefläche lag supralitoral am W-Strande des Insels etwa 1 m ü. d. M. und war beinahe plan. Die Feuchtigkeit wurde auf 6 geschätzt. Das Bodenprofil hatte folgendes Aussehen:

0—7 cm sandiger Mull.
7—27 » Schwemmsand.
27—35 » Schwemmton mit Sandschichten.
35— » lehmreiche, karbonatführende Moräne (braust).

Die Analysen ergaben (Analysator A. Zilliacus):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	CaO gef.	CaO ber.	p^H
Ia	Mull	5 cm	24,43	1,41	5,46	6,7
Ib	Ton	30 »		0,18		6,9
Ic	Moräne	50 »		1,79		7,8

II. Sesleria-Wiese, Hammarland, Kirchdorf. 4/8 1924.

In der Vegetation dominierten ausser *Sesleria*, *Sieglingia decumbens*, *Carex diversicolor* und *panicea* und *Linum catharticum*. In der Nähe Gebüsche von *Myrica gale*. Die Probefläche, weit vom Meer entfernt, lag plan und offen. Die Feuchtigkeit war etwa 6—7. Bodenprofil:

0—20 cm torfartiger Mull.
20—40 » grober Meeressand.
40— » lehmige Moräne vom Typus der Silurmoräne, aber bei 50 cm noch nicht brausend.

Im Laboratorium wurden nur p^H-Bestimmungen gemacht:

Probe IIa Mull 10 cm p^H 6,5
» IIb Sand 35 » » 7,0

III. Sesleria-Wiese, Jomala, Överby. Vegetationsaufnahme Tabelle III N:o 2. Probefläche plan, Feuchtigkeit 5. Bodenprofil:

0—30 cm sandiger Mull.
30— » sandige Silurmoräne (braust)

p^H-Bestimmungen in Parallelproben 10 m von einander entfernt genommen:

Probe IIIa Mull 5 cm p^H 6,7
» » » » » » 6,6
» IIIb Moräne 40-50 » » 8,0-8,3[1])
» » » » » » 8,1-8,4

[1]) Die p^H-Bestimmungen gaben sehr variierende Ergebnisse.

Tabelle III.

Wiesen. 1—4 *Sesleria*-Wiesen, 5 Krautwiese und 6 krautreiche Kleinseggenwiese.

1. Lemland, Nåtö in der Nähe des Dorfes am W-Strande des Insels. 29/7 1924.
2. Jomala, Överby zwischen dem Dorfe und die Kirche. 28/7 1924.
3. Eckerö, Storby etwa 1 km N vom Dorfe. 6/8 1924.
4. Eckerö, Storby an der Landstrasse bald E vom Zollhaus. 6/8 1924.
5. Saltvik, Haga E vom Dorfe (Oxbetet). 30/7 1924.
6. Eckerö, Storby in der Nähe von N:o 3. 6/8 1924.

	1	2	3	4	5	6
Baumschicht.						
Alnus glutinosa	—	—	—	2	—	1
Betula pubescens	—	—	—	—	—	2
Fraxinus excelsior	—	—	—	—	—	1
Sorbus aucuparia	—	—	—	1+	—	1+
» *fennica*	—	—	—	—	—	1
Gebüschschicht.						
Alnus glutinosa	1	—	—	—	—	2
Betula pubescens	—	—	—	—	—	1
Rhamnus frangula	—	—	—	—	—	1
Sorbus aucuparia	—	—	—	—	—	1
Feldschicht. Zwergsträucher.						
Betula pubescens	—	1	—	—	—	—
Rhamnus frangula	—	—	—	—	—	1
Gräser.						
Agrostis canina	2	—	—	—	—	—
» *capillaris*	—	2	2	3	—	—
Anthoxanthum odoratum	—	3	—	2	—	—
Avena pubescens	—	—	—	—	2	—
Briza media	1	2	3	3	3	—
Carex capillaris	2+	—	—	3	—	3
» *diversicolor*	—	1	2	2	—	3
» *Goodenowii*	2	—	—	—	—	—
» *hornschuchiana*	—	—	—	—	—	3
» *pallescens*	—	1	—	—	—	—
» *panicea*	4	3	1	—	—	2+
» *verna*	—	2	—	—	—	—
Dactylis glomerata	—	—	—	—	1	—
Deschampsia caespitosa	1	—	—	1+	1	—

	1	2	3	4	5	6
Equisetum arvense	—	—	—	1+	—	—
» *palustre*	—	—	1+	—	—	3
Eriophorum latifolium	—	—	—	—	—	3
Festuca ovina	1+	2	1+	2	3	—
» *pratensis*	—	—	—	—	1+	—
Juncus alpinus	1	—	—	—	—	2
Luzula campestris	—	2	2	—	2	—
Molinia coerulea	1	2	3	2	—	3
Nardus stricta	1	—	—	—	—	—
Phleum pratense	—	—	—	—	1	—
Sesleria coerulea	3	4	4	3	1+	1+
Sieglingia decumbens	3+	3	—	1+	—	—
Kräuter.						
Achillea millefolium	—	2	—	—	2+	—
Alchemilla vulgaris	—	1	—	4	1	—
Anemone nemorosa	—	1	1	—	—	—
Antennaria dioeca	—	1	—	—	—	—
Aracium paludosum	—	—	2	1+	—	1
Campanula rotundifolia	—	—	1	2	—	—
Carum carvi	—	—	—	—	1	—
Centaurea jacea	—	1	—	1	1	—
Cerastium caespitosum	—	—	—	1	1	—
Chrysanthemum leucanthemum	—	1	—	1	2	—
Cirsium palustre	—	—	1	—	—	—
Filipendula hexapetala	—	3	—	—	2	—
» *ulmaria*	3	1	1+	1+	—	1
Galium boreale	—	2	—	2	—	1
» *palustre*	1+	—	—	—	—	—
» *uliginosum*	2	1	1+	—	—	—
» *verum*	3	2	—	—	4	—
Geum rivale	2	2	2	—	1+	—
Helleborine palustris	—	—	—	—	—	3
Hypericum maculatum	—	—	—	2	—	—
Inula salicina	—	1+	—	—	—	—
Knautia arvensis	—	—	—	1	—	—
Lathyrus pratensis	—	2	—	—	3	—
Linum catharticum	—	1	3+	2	1	—
Listera ovata	—	—	2	1+	—	—
Lotus corniculatus	1	—	—	—	1	—
Mentha sp.	1	—	—	—	—	—
Ophioglossum vulgare	—	2+	—	—	—	—
Ophrys muscifera	—	—	—	—	—	1
Parnassia palustris	—	1	—	—	—	—
Pinguicula vulgaris	—	—	—	—	—	1

	1	2	3	4	5	6
Plantago lanceolata	—	—	2	3	1	—
» *media*	—	—	—	—	1	—
Polygala amarella	—	—	1	—	—	—
Polygonum viviparum	—	3	2+	3	—	2
Potentilla erecta	4+	3	3	3	1+	3
Primula farinosa	3	1	1+	—	—	2
Prunella vulgaris	2	2+	—	2	—	—
Ranunculus acris	—	1	2	—	1+	—
» *auricomus*	—	1	—	—	—	—
Rhinanthus minor	—	1	3	1+	—	—
Stellaria graminea	—	—	—	—	1	—
Taraxacum sp.	—	—	—	—	1+	—
Trifolium medium	—	1	—	—	—	—
» *pratense*	1	—	—	—	1	—
» *repens*	2	3	—	—	2	—
Veronica chamaedrys	—	—	—	—	1	—
Vicia cracca	1+	1	1	—	—	—
Viola canina	2	1	—	—	—	—
» *palustris*	—	—	—	—	2	—
Bodenschicht.						
Aulacomnium palustre	—	—	3	—	—	—
Climacium dendroides	—	2	—	—	—	—
Hylocomium squarrosum	—	2	—	—	—	—
Hypnum stellatum	2	—	—	—	—	1
» *trichoides*	—	—	—	—	—	2
Mnium sp.	—	—	—	—	—	1
Selaginella selaginoides	—	—	—	—	—	1
Thuidium sp.	1	2	—	—	3	1

IV. Sesleria-Wiese, Eckerö, Storby. Vegetationsaufnahme Tabelle III N:o 3.

Die Probefläche war etwa 1 km nördlich vom Dorfe gelegen und ebenso weit vom Meere entfernt. Die Lage war plan, die Feuchtigkeit 6. Bodenprofil:

0—20 cm Mull
20—35 » Sand.
35— » lehmige Moräne mit viel Steinen, brausend von 40 cm an.

Analysen (Analysator A. Zilliacus):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	CaO gef.	CaO ber.	MgO	K_2O	P_2O_5	p^H
IVa	Mull	5 cm	24,18	3,28	11,82	0,016	0,020	0,059	6,6
IVb	Moräne	55 »		6,07		0,10	0,041	0,114	7,8

Die Titrierungskurven in der Fig. 3 beziehen sich auf diese Proben.

V. Sesleria-Wiese mit *Alnus glutinosa*, Eckerö, Storby. Vegetationsaufnahme Tabelle III N:o 4.

Die Probefläche lag westlich vom Dorfe, unweit vom Meere auf einer kleinen, nach W abfallenden Anhöhe. Feuchtigkeit 5. Bodenprofil:

0—18 cm sandiger Mull.
18—95 » Dünensand.
95— » steinige Moräne (brausend).

Analysen (Analysator A. Zilliacus):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	CaO gef.	CaO ber.	MgO	K_2O	P_2O_5	p^H
Va	Mull	5—10 cm	11,44	1,00	8,04	0,03	0,025	0,048	6,9
Vb	Sand	40—50 »		0,11		0,02	0,015	0,064	6,9

Krautwiesen.

Ausser den oben behandelten Vegetationstypen, die, wenn auch *Sesleria* wegen seines wenig hervortretenden Habitus nicht physiognomisch dominiert, doch als *Sesleria*-Wiesen zusammengefasst werden können, sind noch ein paar andere Wiesen studiert worden, die teils als wahre Krautwiesen, teils als krautreiche Kleinseggenwiesen aufgefasst worden sind.

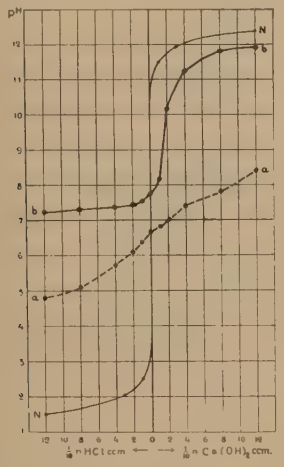

Fig. 3. Titrierungskurven eines Mullbodenprofils. a Mullschicht, b karbonathaltige Silurmoräne.

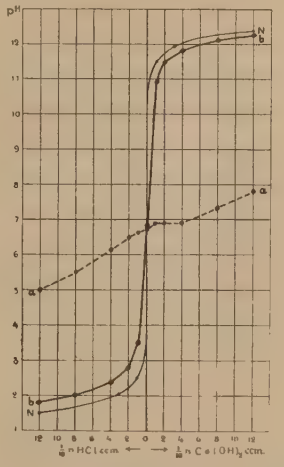

Fig. 4. Titrierungskurven. a Niedermoortorf, b ausgewaschener Meeressand.

VI. Krautwiese, Saltvik, Haga Kungsgård. Vegetationsaufnahme Tabelle III N:o 5.

Probefläche plan. Feuchtigkeit 4. Bodenprofil:

0—20 cm humusgemischter Ton
20— » steifer Bänderton (brausend).

Analysen (Analysator A. Zilliacus):

Probe	Bodenart	Tiefe	CO_2	CaO	p^H
VIa	Ton	5 cm	1,13	2,28	7,1
VIb	»	40 »	7,13	9,92	7,9

VII. Krautreiche Kleinseggenwiese mit *Alnus glutinosa* und *Betula pubescens*, Eckerö, Storby. Vegetationsaufnahme Tabelle III N:o 6.

Die Probefläche, nördlich vom Dorfe, war plan, aber lag nahe unter einem sanften Moränenabhang. Feuchtigkeit 7. Bodenprofil:

0—25 cm gut vermoderter Niedermoortorf.
25—75 » ausgewaschener Meeressand.
75— » Moräne (brausend).

Analysen (Analysator A. Zilliacus):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	CaO gef.	CaO ber.	MgO	K_2O	P_2O_5	p^H
VIIa	Torf	10 cm	34,80	5,92	14,54	Spur	0,020	0,031	6,7
VIIb	Sand	40 »		0,04		0,01	0,007	0,049	6,8

Die Titreringskurven in Fig. 4 beziehen sich auf diese Proben.

Obwohl ausserhalb des amtlichen Åland gelegen, sollen hier noch zwei Wiesen behandelt werden, die Beziehungen zu den åländischen aufweisen. Die eine ist eine, ihrer Zusammensetzung nach typische åländische Krautwiese von der Insel Jungfruskär, die in der Meerenge Skiftet zwischen Åland und Åboland liegt, die andere ist eine krautreiche Kleinseggenwiese aus Töfsala im Åboland, die seit lange als Standort für *Primula farinosa*, eine ausserhalb Åland sehr seltene, kalkliebende Pflanze, bekannt ist.

VIII. Krautwiese, Houtskär, Stor-Jungfruskär. 24/6 1925. Vegetation aus niedrigen Kräutern und Gräsern. *Orchis sambucinus* massenhaft. Probefläche plan, etwa 3 m ü. d. M. Feuchtigkeit 5. Bodenprofil:

0—10 cm Mull.
10—30 » Ton mit etwas Steinen.
30— » lehmige und tonige Moräne, von 40 cm an schwach brausend.

Analysen (Analysator A. Zilliacus):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	CaO gef.	CaO ber.	p^H
VIIIa	Mull	5 cm	54,72	2,59	4,52	6,3
» b	Ton	20 »				6,8
» c	Moräne	50 »				7,8
» d	»	170 »		1,01		

IX. Krautreiche Kleinseggenwiese, Töfsala, Vehainen. 17/6 1925. Vegetationsaufnahme:

Gräser: *Carex Goodenowii* 4+, *C. panicea* 2, *C. pallescens* 1, *C. stellulata* 1, *Briza media* 2, *Luzula multiflora* 1+, *Festuca rubra* 1, *F. ovina* 1.
Kräuter: *Primula farinosa* 3, *Prunella vulgaris* 3, *Viola palustris* 3, *Geum rivale* 2, *Galium palustre* 2, *Filipendula ulmaria* 2, *Cardamine pratensis* 1, *Comarum palustre* 1, *Galium uliginosum* 1, *Equisetum arvense* 1, *Lychnis flos cuculi* 1, *Lathyrus pratensis* 1, *Rumex acetosa* 1, *Trifolium pratense* 1.
Moose: *Hypna* (schlecht entwickelt) 2.

Die Probefläche war einige hundert Meter östlich vom Gehöft gelegen, höchstens ein paar Meter ü. d. M. und plan. Feuchtigkeit 6. Bodenprofil:

0—10 cm gut vermoderter Torf.
10—40 » feiner Meeressand.
40—65 » Lehm.
65— » Sand und Grus.

Analysen (Analysator A. Zilliacus):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	CaO gef.	CaO ber.	p^H
IXa	Torf	5—10 cm	55,47	2,39	4,13	6,2
IXb	Sand	30 »				3,5
IXc	Lehm	60 »				4,8

Wiesenwälder.

Sehr charakteristisch für die åländische Vegetation sind die Wiesenwälder, in welchen die Laubbäume eine hervorragende Rolle spielen. In ihren, von der Kultur beeinflussten, gelichteten Zustande werden sie gewöhnlich als Laubwiesen bezeichnet, worunter man also nach Hesselman (1904) und Palmgren (1915—16) folgendes versteht: »Die Laubwiesen sind Pflanzenformationen aus edlen Laubbäumen, die in kleineren und grösseren Gruppen geordnet sind. Zwischen den Baumgruppen hat die Vegetation einen wiesenähnlichen Charakter». Als Bedingung für das Auftreten solcher Laubwiesen wird ein kalkhaltiger Grund betrachtet. (Vergl. Palmgren S. 113 u. folg.) Da die Laubvegetation Ålands dank Palmgrens eingehender Studien zu den am besten bekannten nordischen Vegetationstypen gehört, kann ich eine nähere Beschreibung unterlassen.

X. Laubwiese, Lemland, Skobbholm. 29/7 1924.

Die Vegetation war eine typische Laubwiese mit in Gruppen geordneten Bäumen von niedrigem Wuchs: *Fraxinus excelsior, Sorbus fennica, Alnus glutinosa, Betula pubescens* und *Pyrus malus*. In der beweideten Feldschicht wurden u. a. *Sesleria coerulea, Sieglingia decumbens, Satureja vulgaris, Filipendula hexapetala* verzeichnet.

Die Probefläche war sanft nach NW abfallend, die Feuchtigkeit 5. Bodenprofil:

0—8 cm sandiger Mull.
8— » sandige, teifer mehr lehmige Moräne, von 35 cm an brausend.

Analysen (Analysator A. Zilliacus):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	CaO gef.	CaO ber.	MgO	K_2O	P_2O_5	p^H
Xa	Mull	5 cm	14,09	1,75	11,05	0,14	0,012	0,069	7,1
Xb	Moräne	20—25 »		0,44		0,052	0,019	0,098	7,3
Xc	»	40—50 »		1,54		0,053	0,033	0,094	7,7

Auf diese Proben beziehen sich die Titrierungskurven in der Fig. 5.

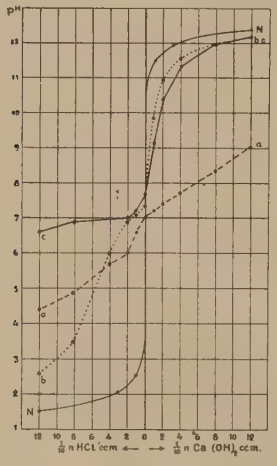

Fig. 5. Titrierungskurven eines Mullbodenprofils. a Mullschicht, b ausgelaugte, c karbonathaltige Silurmoräne.

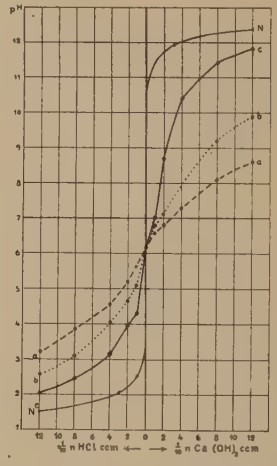

Fig. 6. Titrierungskurven eines Mullbodenprofils. a Mullschicht, b humushaltige, c humusfreie, ausgelaugte Silurmoräne.

XI. Wiesenlaubwald, Jomala, Ramsholm. 7/8 1924.

Die Vegetation ist wegen der beinahe geschlossenen Baumschicht als ein wirklicher Wald zu betrachten. In der Baumschicht traten auf: *Ulmus glabra* 4, *Corylus avellana* 3, *Fraxinus excelsior* 2, *Picea abies* 1; in der Gebüschschicht: *Corylus* 1, *Picea* 1, *Juniperus* 1 und *Rosa* sp. 1+. Die Feldschicht war stark beweidet. U. a. wurden verzeichnet: *Filipendula hexapetala*, *Primula veris*, *Anemone nemorosa*, *A. hepatica*, *Geum rivale*, *Hypericum maculatum*, *Fragaria vesca*, *Viola canina*, *Alchemilla* sp., *Agrostis capillaris* etc. Von Moosen war nur *Hylocomium triquetrum* spärlich vorhanden.

Die Probefläche lag im südlichen Teil des Halbinselchens und fiel mässig stark nach W ab. Feuchtigkeit 4. Bodenprofil:

0—30 cm sandiger Mull mit nach unten allmählich abnehmender Humusgehalt (Mullpodsol), bei 25—30 cm sehr steinig.
30— » sandige und lehmige Moräne (Untergrund) einzelne Silurkalksteine enthaltend, von 62 cm an brausend.

Analysen (Analysator A. Zilliacus):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	CaO gef.	CaO ber.	MgO	K_2O	P_2O_5	pH
XIa	Mull	5 cm	8,24	0,79	8,75	0,05	0,073	0,057	6,2
XIb	Moräne	20 »	4,10	0,32		0,02	0,021	0,053	6,2
XIc	»	40 »		0,11		0,03	0,025	0,082	6,2

Auf diese Proben beziehen sich die Titrierungskurven in Fig. 6.

Haselgebüsche.

Die Haselbestände, die auf Åland ausserordentlich häufig sind, gehören auch zu den Wiesenwäldern oder Wiesengebüschen und schliessen sich hier an. Die Haselhaine mit gewöhnlich krautreicher Untervegetation brauchen keineswegs kalkbedingt zu sein. Im Gegenteil treten sie unabhängig vom Kalke auch in den übrigen Teilen Finnlands auf. Aber besonders auf Åland erreichen sie eine Entwicklung und zeigen oft eine Feldschichtvegetation von solcher Üppigkeit, dass sie gewöhnlich wie die übrige Laubvegetation als durch Kalk begünstigt angesehen werden. Hier folgen ein paar Beispiele:

XII. Haselgebüsch, Lemland Nåtö. 29/7 1924.

Das Gebüsch war ziemlich licht. In der Feldschicht waren Kräuter wie *Geranium sanguineum*, *Melampyrum nemorosum*, *Filipendula hexapetala*, *Helianthemum vulgare* stark hervortretend. Die Probefläche lag auf dem Nordende der Insel und war mässig nach N abfallend. Nahe oberhalb derselben kamen aus granitischen Gesteinen bestehende Felsen an den Tag. Feuchtigkeit 4—5. Bodenprofil:

0—12 cm sandiger Mull.
12—30 » Moräne (Braunerdeschicht).
30— » » (Untergrund, nicht brausend).
In geringer Tiefe Felsengrund.

Analysen (Analysator A. Zilliacus):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	CaO gef.	CaO ber.	MgO	K_2O	P_2O_5	pH
XIIa	Mull	5 cm	33,41	0,81	2,37	0,035	0,055	0,071	5,5
XIIb	Moräne	20—30 »							6,0
XIIc	»	30—35 »		0,12		0,037	0,016	0,090	6,5

XIII. HASELGEBÜSCH, Hammarland, Skarpnåtö. 3/8 1924.

Das Gebüsch war mässig dicht, hier und da kam Einmischung von Esche vor. In der Feldschicht wurden verzeichnet u. a. *Geranium silvaticum*, *Primula veris*, *Anemone hepatica*, *Prunella vulgaris*, *Fragaria vesca*, *Agrostis capillaris*, *Poa* sp. Die Probefläche war sanft nach W abfallend. Feuchtigkeit 4. Bodenprofil:

0—8 cm humusreicher Sand.
8—80 » mittelgrober Sand (schwache Braunerde, nicht brausend).
80—150 » » » (Untergrund, nicht brausend).
150— » glacialer Ton (nicht brausend).

p^H-Bestimmungen:

Probe	XIII	a	Mull	5 cm	p^H	5,1
»	»	b	Sand	40 »	»	6,2
»	»	c	»	100 »	»	6,3

XIV. HASELGEBÜSCH, Hammarland, Skarpnåtö. 3/8 1924. Vegetationsaufnahme:

Niedrigste Baumschicht: *Corylus avellana* 5.
Gebüschschicht: *Corylus* 3, *Acer platanoides* 1.
Feldschicht, Kräuter: *Polygonatum multiflorum* 4+, *Geranium silvaticum* 3, *Campanula trachelium* 3, *Heracleum sibiricum* 3, *Anemone hepatica* 3, *Convallaria majalis* 2, *Paris quadrifolia* 2, *Lathyrus vernus* 2, *Ranunculus acris* 2, *Majanthemum bifolium* 2, *Oxalis acetosella* 2, *Veronica chamaedrys* 2, *Viola* sp. (ster.) 2, *Dentaria bulbifera* 1+, *Primula veris* 1+, *Rubus idaeus* 1, *Actaea spicata* 1 (stellenweise 4), *Lactuca muralis* 1, *Sanicula europaea* 1, *Melampyrum silvaticum* 1, *Geum urbanum* 1, *Fragaria vesca* 1, *Corydalis* sp. 1.
Gräser: *Poa nemoralis* 3, *Agropyron caninum* 3.
Bodenschicht fehlt, nur auf einzelnen Steinen *Mnia*.

Die Probefläche lag einige zehn Metern von der vorigen entfernt und fiel schwach nach SW ab. Feuchtigkeit 5. Bodenprofil:

0—25 cm Mull, von 10 cm an mit Steinen gemischt.
25— feiner Sand schwache Braunerde, bei 60 cm noch nicht brausend.

Analysen (Analysator A. ZILLIACUS):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	CaO gef.	CaO ber.	MgO	K_2O	P_2O_5	p^H
XIVa	Mull	5 cm	9,68	0,99	9,30	0,06	0,035	0,045	6,9
XIVb	Sand	40 »		0,13		0,03	0,011	0,058	6,4

Auf diese Proben beziehen sich die Titrierungskurven in der Fig. 7.

XV. HASELGEBÜSCH, Kumlinge, Ingersholm. 23/6 1925.

Das Gebüsch war ziemlich licht und besass eine üppige Feldschichtvegetation, in welcher u.a. *Orchis sambucinus*, *Listera ovata* und *Dentaria*

bulbifera in grösserer Frequenz vorkamen. Die Probefläche war nach S abfallend; ober derselben kamen aus Granit bestehende Felsen an den Tag. Feuchtigkeit 5. Bodenprofil:

0— 10 cm humusreiche, sandige Moräne.
10—110 » steinige, sehr harte Morane nicht brausend, oben schwache Braunerde.
110— Felsengrund.

Analysen (Analysator A. Zilliacus):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	CaO gef.	CaO ber.	p^H
XVa	Mull	5 cm	29,49	0,40	1,34	5,0
XVb	Moräne	50 »				5,4

Zum Vergleich mit den oben behandelten åländischen Haselhainen seien hier anhangsweise einige Daten über eine ähnliche Pflanzengesellschaft aus Nyland im südlichen Teile des finnländischen Festlandes mitgeteilt.

XVI. Haselgebüsch, Ingå, Vestankvarn. 10/8 1924. Vegetationsaufnahme:

Niedrigste Baumschicht: *Corylus avellana* 5, *Sorbus aucuparia* 1.
Gebüschschicht: *Corylus* 1, *Alnus incana* 1, *Prunus padus* 1.
Feldschicht, Kräuter: *Aegopodium podagraria* 5, *Convallaria majalis* 3, *Geranium silvaticum* 2, *Angelica silvestris* 2, *Alnus incana* 2, *Oxalis acetosella* 2, *Anemone hepatica* 1+, *A. nemorosa* 1, *Paris quadrifolia* 1, *Lathyrus vernus* 1, *Geum rivale* 1, *Majanthemum bifolium* 1, *Viola canina* 1.
Gräser: *Poa nemoralis* 2.
Bodenschicht fehlt, nur auf Steinen *Hypna*.

Die Probefläche fiel nach E ab. Feuchtigkeit 5. Bodenprofil:

0—20 cm Mull.
20—35 » Lehm (schwache Rosterde)
35— » (Untergrund)

Analysen (zwei Parallelproben in 10 m Entfernung von einander genommen, Analysator A. Zilliacus):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	CaO	MgO	K_2O	P_2O_5	p^H
XVIa	Mull	0—10 cm	5,50	0,29	0,087	0,033	0,023	5,6
»	»	» »						5,2
» b	Lehm	30 »						5,4
» c	»	40 »		0,103	0,155	0,035	0,039	5,6

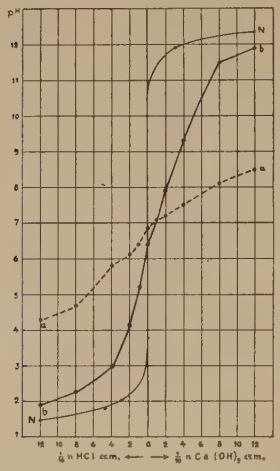

Fig. 7. Titrierungskurven eines Mullbodenprofils. a Mullschicht, b Sand (schwache Braunerde).

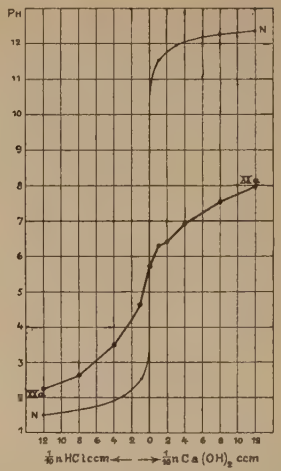

Fig. 8. Titrierungskurve eines Mullbodens.

Anhang: Wiesenwälder aus Nyland.

In diesem Zusammenhange mögen noch ein paar edle Laubwälder aus Nyland behandelt werden. Sie sind zwar nicht als eigentlich kalkbegünstigt aufzufassen, schliessen sich jedoch als südliche Vegetationstypen den åländischen am nächsten an.

XVII. Krautreicher Eichenwald; Ingå, Elgsjö Villholm. Vegetationsaufnahme Tabelle IV N:o 1.

Die Probefläche war plan und lag niedrig, nicht weit vom Meeresstrande entfernt. Die Feuchtigkeit wurde auf etwa 5 geschätzt. Die Bodenart war schwerer, grauer Lehm, der noch kaum mit einer zusammenhängenden Humusschicht bedeckt war.

Analysen (Analysator K. Toivonen):

Probe	Bodenart	Tiefe	CaO gef.	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	p^H
XVIIb	Lehm	10 cm	0,09	0,14	0,10	0,07	0,07	6,8

Ausserdem wurde eine oberflächliche Probe (XVIIa) genommen, deren Reaktion je nach dem man mehr oder weniger Humus mitbekam, von p^H 5,2—6,3 varierte. Die Nitrifizierung war sowohl in der Oberflächenschicht als im reinen Lehm nach $CaCO_3$-Zusatz gut. Mit der humushaltigen Schicht bekam man in Mannitkulturen nach $CaCO_3$-Zusatz eine ziemlich gute, braune Pilzvegetation, die bei Anwesenheit von 1 g Mannit 2,8 mg N fixierte. Ohne $CaCO_3$ war das Wachstum nur schwach, so auch mit der reinen Lehmprobe.

Tabelle IV.

Edle Laubwälder.

1. Ingå, Elgsjö Villholm. 21/6 1920.
2. Ingå, Tostholm Kubbholm. 17/7 1921.
3. Borgå, Storgård. 8/6 1920.
4. Ingå, Elgsjö Kämpas. 21/6 1920.

	1	2	3	4
Baumschicht.				
Betula verrucosa	—	—	—	4
Fraxinus excelsior	—	1	—	—
Picea abies	—	1	1	—
Pinus silvestris..	1	2	1	2
Populus tremula	—	—	—	2
Quercus robur ..	5	1	3	2
Salix caprea....	—	—	—	1
Sorbus aucuparia	1	—	—	—
Tilia cordata ..	—	4	3	—
Gebüschschicht				
Juniperus communis	1	—	1	2
Picea abies	—	—	—	2
Populus tremula	—	—	—	2
Prunus padus ..	1	—	—	1
Feldschicht.				
Zwergsträucher.				
Quercus robur ..	1	—	1	—
Ribes alpinum..	1	1	—	1
» *rubrum* ..	—	—	—	1
Sorbus aucuparia	—	2	1	—
Tilia cordata ..	—	1	—	—
Vaccinium myrtillus	—	3	3	2
» *vitis idaea*	—	—	—	1
Gräser.				
Agrostis capillaris	—	3	—	—
Anthoxanthum odoratum	—	1	2	2
Avena pubescens	—	1	—	1
Calamagrostis arundinacea ..	—	—	—	3
Carex pallescens	—	—	—	1
Deschampsia flexuosa.....	1	—	—	—
Luzula multiflora	—	—	—	1
» *pilosa* ..	—	—	2	2
Melica nutans ..	1	—	—	—
Milium effusum	—	2	—	—
Poa nemoralis	3	2	—	1
» *pratensis* ..	2	1	—	—
Sterile Gräser ..	—	—	2	—
Kräuter.				
Achillea millefolium	—	1	1	1
Actaea spicata ..	1	—	—	—
Alchemilla vulgaris	1	—	1	1
Anemone hepatica	2	2	—	1
» *nemorosa*	1	—	2	3
Angelica silvestris	1	—	—	2
Campanula percicifolia	1	1	—	1
Chaerefolium silvestre	2	1	—	1
Convallaria majalis	3	2	—	4
Dryopteris Filix mas	—	—	—	1
» *spinulosa*	—	—	—	1
Fragaria vesca ..	—	2	2	—
Galium boreale	—	—	2	—
» *verum* ..	—	1	—	—

	1	2	3	4
Hieracium vulgatum coll. ..	—	—	—	1
Hypericum maculatum	—	—	—	1
Knautia arvensis	—	—	—	1
Lathyrus pratensis	—	—	2	1
» *montanus*	—	—	3	—
» *vernus*	—	2	—	2
Listera ovata....	—	—	—	2
Majanthemum bifolium ..	—	—	—	2
Melampyrum nemorosum	3	—	—	3
» *pratense* ..	—	2	—	1
» *silvaticum*	1	—	2	—
Orchis maculatus	—	—	—	1
Oxalis acetosella	—	—	—	1
Paris quadrifolia	—	2	—	2
Platanthera bifolia	—	—	—	1
Plantago lanceolata	—	—	—	1
Pimpinella saxifraga	—	—	1	—
Polygonatum officinale	—	—	—	1
Potentilla erecta	—	—	—	2
Primula veris ..	3	2	—	—
Pteridium aquilinum	—	—	—	1
Pyrola rotundifolia	—	—	—	2
Ranunculus acris	1	1	2	1
» *polyanthemos*	1	—	1	1
Rubus saxatilis	—	1	1	—
Rumex acetosa ..	—	—	1	1
Stellaria graminea ..	—	—	—	1
» *holostea*	2	3	3	3
Trientalis europaea	—	2	—	—
Trifolium pratense	—	—	1	1
Veronica chamaedrys	2	3	2	1
Vicia sepium ..	—	1	2	—
Viola canina ..	2	3	1	2
» *riviniana*	2	—	—	—
Bodenschicht.				
Hylocomium parietinum	—	—	—	2
» *proliferum*	—	—	—	2
» *triquetrum*	—	—	—	3
Polytrichum commune	—	—	—	1

XVIII. Krautreicher Lindenwald; Ingå, Tostholm Kubbholm. Vegetationsaufnahme Tabelle IV N:o 2.

Die Probefläche lag in der Nähe des Meeresstrandes N von einem steilen Granitfelsen und war schwach nach N geneigt. Die Feuchtigkeit war etwa 4. Bodenprofil:

0— 5 cm humusreicher Sand
5—30 » Sand (schwach braun)
37— grauer Sand

Analysen (Analysator H. Lönnroth):

Probe	Bodenart	Tiefe	CaO gef.	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	p^H
XVIIIa	humöser Sand	0—5 cm						5,7
XVIIIb	Sand	10 »						5,9
XVIIIc	»	40 »	0,07	0,13	0,05	0,02	0,04	6,7

Die Nitrifizierung war nach $CaCO_3$-Zusatz und Impfung in sämtlichen Proben gut. Sogar ohne $CaCO_3$ trat in der angefeuchteten, humusreichen Probe eine mässige Reaktion auf. In sämtlichen mit $CaCO_3$ versetzten Mannitkulturen waren gute, braune Pilzvegetationen zu verzeichnen.

XIX. Krautreicher Eichen-Lindenwald; Borgå, Storgård. Vegetationsaufnahme Tabelle IV n:o 3.

Die Probefläche lag am Rande eines Ackers und war schwach nach S geneigt. Feuchtigkeit 4. Bodenprofil:

0— 13	cm	Mull
13— 30	»	grauer Ton
30— 75	»	mittelgrober, schwach brauner Sand
75—100	»	schwerer Ton mit Sandschichten
100—		mittelgrober Sand

Analysen (Analysator E. Ståhlberg):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	N gef.	CaO gef.	CaO ber.	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	p^H
XIXa	Mull	0— 5 cm	12,0	0,62	0,19	1,26	0,52	0,47	0,04	0,08	5,8
XIXb	Sand	30—40 »									5,9
XIXc	Ton	75—85 »									6,8

Nitrifizierung trat in sämtlichen Proben nur nach $CaCO_3$-Zusatz ein. Die Mannitkultur mit der Humusprobe gab nach $CaCO_3$-Zusatz eine sehr kräftige, braune Pilzvegetation, die unter den gewöhnlichen Versuchsbedingungen 3,4 mg N pro 1 g Mannit fixierte.

XX. Krautreicher Mischwald; Ingå, Elgsjö Kämpas. Vegetationsaufnahme Tabelle IV N:o 4.

Die Probefläche ist schwach nach W geneigt, die Feuchtigkeit etwa 5. Bodenprofil:

0—10	cm	Mull
10—		sandige, oben schwach braune Moräne

Analysen (Analysator E. Ståhlberg):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	CaO gef.	CaO ber.	MgO	K_2O	P_2O_5	p^H
XXa	Mull	0—10 cm	15,7	0,41	2,61	0,17	0,08	0,08	5,7

Die Titrierungskurve (Fig. 8) mit 5 g Mull zeigt eine ziemlich grosse Nachgiebigkeit.

Die Nitrifizierung war nach $CaCO_3$-Zusatz gut. Auch die Mannitkultur mit $CaCO_3$ gab ein ziemlich gutes, braunes Pilzmycel; N-Fixierung 2,4 mg pro 1 g Mannit.

Besprechung.

Von den oben behandelten Vegetationstypen sind die *Sesleria*-Wiesen ohne Zweifel am meisten kalkbedürftig. Ausser *Sesleria* beherbergt diese Pflanzengesellschaft mehrere andere Arten, die wenigstens als für finnländische Verhältnisse kalkbegünstigt aufgefasst worden sind. Aus meinen Listen können als Beispiele häufiger vorkommender Pflanzen genannt werden: *Carex capillaris* u. *diversicolor*, *Linum catharticum*, *Listera ovata* und *Primula farinosa*. Die Hauptmasse der Kommensalen ist jedoch indifferent z. B.: *Agrostis capillaris*, *Carex panicea*, *Molinia coerulea*, *Sieglingia decumbens*, *Filipendula ulmaria*, *Geum rivale*, *Potentilla erecta*.

In der Tat ist bei der Bodenuntersuchung in sämtlichen Fällen Kalkkarbonat gefunden worden, wenn auch nicht gerade in den Bodenschichten, in welchen die Wurzeln der Gräser und Kräuter hauptsächlich verbreitet sind (der eigentliche edaphische Standort, die Rhizosphäre), sondern in tiefer gelegenen Schichten. In einigen Fällen (I, III u. IV) lag der Kalkhorizont bei 30—40 cm, in der Probefläche V aber erst bei 95 cm. Die oberen Bodenschichten waren karbonatfrei, die Mullschichten, die ja für die Pflanzen die grösste Rolle spielen, enthielten aber bedeutende Mengen Kalk in organischer Bindung. Diese Kalkgehalte sind unter den grössten, die man überhaupt in Finnland in organogenen Bodenarten antrifft. Zwischen dem Mull und dem Kalkhorizont liegen Schichten aus Sand, Lehm oder ausgelaugter Moräne, deren Kalkgehalte unter Umständen sehr niedrig sein können, jedenfalls sich nicht von denen unterscheiden, die man überall in ähnlichen Bodenarten auf dem Festlande trifft.

Ähnlich sind die Verhältnisse auch bei den untersuchten Wiesen anderer Typen gewesen, die unter den Nummern VII u. VIII behandelt worden sind. Die krautreiche Kleinseggenwiese VII ist besonders bemerkenswert. Sie ist ein Teil des klassischen Standortes, wo die Botaniker seit vielen Jahren *Helleborine palustris*, *Ophrys muscifera* und andere Seltenheiten zu nehmen pflegen. Die mehr oder weniger kalkholden Pflanzen spielen hier eine grosse Rolle. Aus der Artenliste seien ausser den eben genannten Orchideen folgende erwähnt: *Carex capillaris*, *diversicolor* u. *hornschuchiana*, *Equisetum palustre*, *Eriophorum latifolium*, *Primula farinosa* und *Hypnum trichoides*. Der Mineralboden war bis zur 75 cm Tiefe ein ausserordentlich kalk- und nahrungsarmer weisser Meeressand, der teils auf Felsengrund, teils auf kalkreicher Moräne ruhte. Die obere, etwa 25 cm dicke Torfschicht zeigte aber den höchsten Kalkgehalt (gef. 5,92, ber. 14,54 Proz. CaO), der überhaupt in Finnland in einem organogenen Boden gefunden worden ist.

Es ist offenbar, dass hier wie auch in den übrigen studierten Wiesen Kalk entweder mit dem Grundwasser durch die kalkarmen Schichten herauftransportiert oder aus nebenan liegenden Moränenabhängen durch Wasserströmun-

gen mitgebracht wird. Er wird dann vom Humus der obersten Schicht gebunden. *Kalkkarbonathaltige Unterlage ist also für diese ausgesprochen kalkliebenden Pflanzengesellschaften keineswegs eine Bedingung, aber die karbonatreichen Bodenarten, die entweder in grösserer Tiefe in demselben Bodenprofil oder sonst in der Nähe auftreten, haben als Vorräte, aus welchen Kalk mit der Bodenflüssigkeit den Humusschichten zugeführt wird, eine grosse Bedeutung.*

Die Tiefe, in der die karbonatreiche Bodenart auftritt, spielt oft für die Vegetation eine grosse Rolle, was durch folgendes Beispiel erleuchtet wird. Das Gelände, in welchem die Probefläche V gelegen ist, bestand aus einem sanft nach W abfallenden Moränenabhang, wo die Bodenart kalkreich war. Auf diese Moräne hatte sich ein mittelgrober, kalk- und nahrungsarmer Sand in der Form von niedrigen Dünen verschiedener Mächtigkeit angehäuft. Wenn der Sand etwa 1 m oder weniger mächtig war, gediehen noch *Sesleria, Carex capillaris* und *Listera ovata*. Bei etwas tieferem Sand verschwanden diese, wogegen Pflanzen wie *Linum catharticum, Polygala amarella* und an feuchteren Stellen *Carex diversicolor* noch blieben. Auf noch mächtigerem Sand ging die Vegetation in eine Krautheide mit u. a. *Silene nutans, Galium verum* und *Hypochaeris maculata* über.

Das gewöhnliche auf Åland ist also, dass das Kalkkarbonat erst in so grosser Tiefe auftritt, dass die Wurzel der meisten Gräser und Kräuter ihn kaum erreichen. Nur auf ganz neuen, niedrig am Strande gelegenen Standorten oder wenn die Bodenart aus schwer auszuwaschendem Mergelton besteht, können auch die oberen Schichten Kalkkarbonat enthalten. Dies war z. B. in der Probefläche VI der Fall. Die Vegetation war aber eine ziemlich triviale Krautwiese, wo Kalkpflanzen wie *Sesleria* wohl vorkamen, aber keine Rolle spielten. Eine in der Vegetation wahrnehmbare Erhöhung der Kalkwirkung durch das feste Kalkkarbonat wurde wenigstens in diesem Falle nicht beobachtet.

Ausser einem kalkreichen Humus war noch *eine beinahe neutrale Reaktion* den eben besprochenen Wiesengesellschaften eigen. In der Humusschicht hatten die *Sesleria*-Wiesen Reaktionen p^H 6,5—6,9[1]. Die Krautwiese auf Jungfruskär (VIII) hatte einen etwas saureren Humus (p^H 6,3). Der mullhaltige, karbonatische Ton (VI) war dagegen beinahe neutral, p^H 7,1. Auch die unter den Mullschichten folgenden kalkarmen Mineralbodenschichten zeigten in den untersuchten Fällen beinahe neutrale Reaktion. Deutlich alkalisch (p^H 7,8—8,4) waren dagegen die noch tiefer gelegenen karbonatführenden Moräne und Bändertone.

Die Titrierungskurven zeigen an, dass die Reaktion der Mullschichten mässig, die der Torfschichten wie gewöhnlich sehr unveränderlich ist. Die aktuelle Nach-

[1]) Dies stimmt gut mit der Angabe ARRHENIUS' (1920), der für die *Sesleria*-Ass. p^H 7,0—6,5 angibt. In der Tschechoslowakei verlangt *Sesleria uliginosa* nach ZLATNIK (1928) eine neutrale oder alkalische Reaktion.

giebigkeit gegen sowohl Säuren als Basen ist klein, die aktuelle Reaktionsamplitude ziemlich eng. Unter solchen Umständen haben die Pflanzen gute Garantien für die Aufrechterhaltung der günstigen Reaktion. Dagegen kann der unterleigende kalkarme Sand äusserst nachgiebig sein, wie die b-Kurve in Fig. 4 zeigt. Die kleinsten Säure- oder Alkalizugaben verändern, wie man sieht, die Reaktion um mehrere p^H-Einheiten. In einem solchen Boden hätte die Vegetation keine Stütze, wäre er nicht durch karbonatführendes Wasser durchtränkt. Dass die Silurmoräne, auf die sich die b-Kurve in Fig. 3 bezieht, wegen ihres Karbonatgehaltes ausserordentlich gut gegen Säure puffert, ist ganz natürlich.

Interessant ist zu sehen, ob diese Bedingungen in bezug auf den Kalkgehalt und die Reaktion, die für die åländischen Wiesen gelten, sich auch dort vorfinden, wo ausgeprägte Kalkpflanzen ausserhalb eines eigentlichen Kalkgebietes sporadisch auftauchen. Einen solchen Fall habe ich kennen gelernt: nämlich das Auftreten von *Primula farinosa* auf einer Kleinseggenwiese (IX) in Töfsala (Taivassalo) auf der Åbo-Seite. Es bestätigt sich hier, dass der Kalkgehalt des Torfes ziemlich hoch ist (gef. 2,39, ber. 4,13 proz.), wenn auch nicht so hoch wie gewöhnlich in den kalkbegünstigten Wiesen auf Åland. Die Reaktion des Torfes war auch nur schwach sauer (p^H 6,2). Die dünne Torfschicht ruhte aber auf Sand und Lehm, die, wie gewöhnlich unsere an den Küsten vorkommenden Ablagerungen aus der Litorina-Zeit, ausgesprochen, sogar stark sauer waren und deshalb auch nur minimale Mengen leichtlöslichen Kalk enthalten können. Da ausserdem der Ort eine offene, beinahe plane Ebene ist, und Kalkgestein oder kalkreicher Boden, soweit mir bekannt ist, nicht in der Gegend vorkommt, sind das Auftreten von *Primula farinosa* und die Entstehung des günstigen Torfes sehr bemerkenswert.[1])

Die Standortsverhältnisse in den beiden untersuchten *Laubwiesen* X u. XI sind ganz analog gewesen. In beiden Fällen war die Bodenart Moräne, die in einiger Tiefe karbonatreich war, in den oberen Teilen aber ausgelaugt. Der Kalkhorizont lag auf Skobbholm bei 35, auf Ramsholm bei 62 cm; das Karbonat ist also für die Wurzel der Bäume gut erreichbar. In beiden Fällen zeigte der Humus der obersten Bodenschicht grosse Kalkgehalte und die Reaktion war auf Skobbholm neutral, auf Ramsholm nur schwach sauer (p^H 6,2). Die Titrierungskurven (Fig. 5 u. 6) lehren, dass der Mullboden hier wie gewöhnlich mässig beständige Reaktion besitzt. Der karbonatreiche Untergrund puffert natürlich stark gegen Säure. Die ausgelaugten, dazwischen liegenden Bodenschichten haben eine verhältnismässig wenig beständige Reaktion. Zwar scheinen in der ausgelaugten Moräne aus Skobbholm noch Spuren von Kar-

[1]) Andere Beispiele, wo beinahe neutrale Torfböden ohne Anwesenheit von Kalkkarbonat entstanden sind, liegen von Elimä im östlichen Nyland und von den grossen Wiesengebieten in Limingo südlich der Stadt Uleåborg vor.

bonat eine Pufferung gegen kleine Säuremengen zu bedingen, dann fällt aber die Kurve rasch. Interessant sind die drei Kurven aus Ramsholm Fig. 6. Man sieht wie die Reaktionsbeständigkeit von der Mullschicht abwärts allmählich sinkt, eine Erscheinung, die für s. g. Mullpodsolprofile eigentümlich ist. Die beinahe humusfreie, ausgelaugte Moräne, welche die Kurve c gegeben hat, zeigt eine Nachgiebigkeit der Reaktion, die man überall im Lande in gröberen Silikatböden findet.

Die Feldschichtvegetation war leider auf beiden Orten durch Beweidung zerstört, so dass vollständige Artenlisten nicht errichtet werden konnten. Von Kalkpflanzen war auf Skobbholm jedoch *Sesleria* zu erkennen, wogegen auf Ramsholm eine mehr triviale Bodenvegetation die Probefläche einnahm.

Ramsholm in Jomala, das nunmehr als Naturschutzgebiet erklärte Halbinselchen, bietet einem Studium über die natürlichen Veränderungen des Bodens und der Vegetation ideale Verhältnisse. Der Boden ist hauptsächlich ein ziemlich niedriger, sanft abfallender Moränenrücken, der aus einheitlicher Silurmoräne zu bestehen scheint. Die dominierende Körnchengruppe ist Sand; Steine sind reichlich vorhanden. Sekundär sind die obersten Teile des Rückens durch die Meereswellen ausgespühlt worden und sind deshalb sehr steinig. Der Kalkhorizont liegt in verschiedener Tiefe. Am Meeresstrande ist der Boden beinahe bis zur Oberfläche hinauf karbonatreich, ein paar Meter ü. d. M. wurde der Kalkhorizont bei 25 cm gefunden, auf dem höchsten Rücken war er noch nicht bei 60 cm zu erreichen und innerhalb der Probefläche etwas niedriger wurde er bei 62 cm notiert. Soweit eine Bodenbildung stattgefunden hat ist ein typischer, durch nach unten allmählich abnehmenden Humusgehalt gekennzeichneter Mullpodsol (siehe Profil XI) entstanden. Die Vegetation kann als eine typische åländische Laubvegetation gelten. Edle Laubbäume, vor allem Ulmen und Eschen dominieren. Der Hasel bildet besonders in den niedrigen, nördlichen Teilen dichte Bestände. Die Feldschichtvegetation, nahmentlich die des gewöhnlich unbeweideten nördlichen Teils ist wegen ihrem Artenreichtum berühmt.

In den, am höchsten gelegenen Teilen der Halbinsel hat aber die Fichte Eintritt erhalten. Die kleinen Fichtenwaldfragmente haben eine Bodenschicht von *Hylocomium triquetrum* mit *Oxalis* als hervortretende Art in der Feldschicht. Es hat sich hier schon ein wenig saurer Rohhumus gebildet. Die Reaktion war p^H 5,0, also eine Zahl, die man oft in krautreichen Fichtenwäldern in kalkarmen Gegenden findet. Das Bodenprofil zeigte deutliche Spuren von Bleicherde dicht unter der Rohhumusschicht. Der ältere Mullpodsol ist also hier einem allmählichen Übergang in gewöhnlichen Eisen- oder Waldpodsol unterworfen.[1]) Eine mitwirkende Ursache der Einwanderung der

[1]) Vergl. LUNDBLAD über die Degeneration der Braunerde- und Mullböden.

Fichte und der Verschlechterung des Bodens ist sicher hier wie allgemein auf Åland die Senkung des Kalkhorizontes. Es ist auch klar, dass der Kalk in den höchsten Teilen des Gebietes nicht mit strömendem Bodenwasser zugeführt werden kann.

Von den untersuchten Haselhainen haben drei, der auf Nåtö (XII), der eine auf Skarpnåtö (XIII) und der auf Ingersholm (XV) Bodenverhältnisse, die man in den südlichen Teilen des Festlandes allgemein findet. Im Boden ist kein karbonatischer Kalk gefunden worden. Die Mullschichten waren nicht besonders kalkreich und die Reaktion ist mässig sauer, 5,0—5,5 gewesen. Auch der Mineralboden (Moräne und Sand) hatte Reaktionszahlen wie gewöhnlich im ganzen Lande. Der Gehalt an leichtlöslichem Kalk war in der Moräne von Nåtö so niedrig wie 0,12 Proz. CaO. Ganz ähnliche Verhältnisse bietet der zum Vergleich untersuchte triviale Haselhain auf dem Festlande (XVI). Die Vegetation des einen Haselhains von Skarpnåtö (XII) war zwar auch sehr trivial, aber in den beiden anderen kamen Kräuter vor, die ihnen ein »åländisches» Gepräge verliehen. Es ist bemerkenswert, dass Haine, wo *Geranium sanguineum*, *Dentaria bulbifera*, *Helianthemum vulgare*, *Filipendula hexapetala* und besonders die gewöhnlich als kalkliebend betrachteten *Listera ovata* und *Orchis sambucinus* eine hervorragende Rolle spielen, bei ganz gewöhnlichem Kalkgehalt und ziemlich saurer Reaktion vorkommen können. In diesen Fällen war es sogar ausgeschlossen, dass durchströmendes Wasser hätte karbonatischen Kalk mitbringen können, da nahe über den Standorten in denselben Abhängen granitischer Felsen an den Tag trat. Der verhältnismässig niedrige Kalkgehalt der humösen Schicht sowie die saure Reaktion sprechen auch gegen diese Möglichkeit.

Anders gestalten sich offenbar die Verhältnisse in dem vierten untersuchten Haselhain, dem zweiten auf Skarpnåtö (XIV). Diese besonders üppige Pflanzengesellschaft wuchs auf ähnlichem Sand wie der triviale Hain (XIII) und war nur einige zehn Metern von ihm entfernt. Der Gehalt dieses Sandes an leichtlöslichem Kalk war auch hier gering (0,13 Proz. CaO) und seine Reaktion wie gewöhnlich schwach sauer. Der Unterschied liegt in der Mullschicht, die hier neutral und deutlich reicher an Kalk war. Woher der Kalk stammt, war hier schwer zu entscheiden. Silurmoräne kommt in der Gegend vor und wahrscheinlich wird der sandige Standort eben hier von karbonatischem Wasser durchströmt. Daher der neutrale Humus und die üppige Vegetation.

Was die anhangsweise behandelten Beispiele edler Laubwälder aus dem südlichem Nyland[1]) (XVII—XX) betrifft, so war ihr Mineralboden sehr verschiedener Art, zeigte aber in den beiden Fällen, wo er untersucht wurde, sehr niedrige Gehalte an leichtlöslichem Kalk. Die Mullschicht war in den zwei

[1]) Ähnliche Vegetationstypen sind von CEDERCREUTZ beschrieben worden.

ersten Fällen, weil die Standorte sich erst neulich über dem Meeresspiegel erhoben haben, schlecht entwickelt. Ihre Reaktion schwankte zwischen 5,2—5,8, war also mässig sauer. Die Nitrifizierung kann im allgemeinen als gut bezeichnet werden. Reichlich N-bindende Mikroorganismengesellschaften waren vorhanden.

Die Bedeutung des Kalkfaktors für eine Vegetation ist aber nicht damit sichergestellt, dass ein hoher Kalkgehalt nachgewiesen ist. Man könnte sich auch gut denken, dass eine üppige Vegetation durch irgendeinen anderen günstigen Faktor hervorgerufen würde, z. B. einen hohen Gehalt an anderen, wichtigen Pflanzennährstoffen. Wie bekannt können Analysen der in 4-prozentiger Salzsäure löslichen Mineralstoffe keinen Ausschluss über die Mengen, die den Pflanzen wirklich zur Verfügung stehen, geben. Sie haben jedoch einen gewissen Wert, besonders wenn sie negativ ausfallen, d. h. wenn im Vergleich mit den Böden dürftiger Vegetationstypen keine grösseren Nährstoffbeträge gefunden werden. Man ist nämlich unter solchen Verhältnissen berechtigt anzunehmen, besonders wenn die Zahlen niedrig sind, dass wenigstens keine grösseren Nährstoffmengen den üppigen Vegetationen gegenüber den dürftigeren zur Gebote gestanden haben. Dies ist bei meinen Analysen der åländischen Bodenproben der Fall gewesen. Stellt man die früher mitgeteilten Analysen zusammen, so findet man wie folgt, dass die Zahlen im allgemeinen niedrig ausgefallen sind. In moosreichen Heidewäldern auf dem

	Mullschicht			Mineralboden		
	MgO	K_2O	P_2O_5	MgO	K_2O	P_2O_5
Sesleria-Wiesen	Spuren —0,016	0,020—0,025	0,031—0,059	0,01—0,10	0,007—0,011	0,049—0,114
Laubwälder	0,05—0,14	0,012—0,073	0,045—0,071	0,02—0,053	0,011—0,033	0,053—0,098

Festlande findet man nach meinen Analysen nicht selten in der Rohhumusschicht 0,10—0,15 Proz. MgO und K_2O, 0,15—0,20 Proz. P_2O_5 und im sandigen Mineralboden ähnliche Zahlen. Der niedrige Kaligehalt fällt in den åländischen Bodenproben besonders auf. *Man kann also mit ziemlicher Sicherheit behaupten, dass die Zufuhr von Mineralnährstoffen ausser Kalk sich für die åländischen Vegetationstypen nicht günstiger als für andere Pflanzengesellschaften des Festlandes gestellt hat.*

Eine andere Sache ist, dass der wichtige Stickstoff aller Wahrscheinlichkeit nach in den åländischen Mullböden in zureichenden Mengen und günstiger Form auftritt. Es sind ja die Erfahrungen Hesselmans (1917), und meine eigenen decken sich mit seinen vollständig, dass der Stickstoff in ähnlichen Vegetationstypen im allgemeinen nitrifiziert wird. Ich habe auch in solchen Fällen eine gute Stickstoffbindung gefunden, wie auch die untersuchten

Laubwaldgesellschaften aus Nyland zeigen. Diese günstigen mikrobiologischen Verhältnissen hängen aber gewöhnlich mit dem Humuszustande und durch diesen mit der Reaktion und dem Kalkgehalt zusammen.

Im Grossen kann also die artenreiche åländische Wiesen- und Laubwiesenvegetation, wie man bisher angenommen hat, als vom Kalk hervorgerufen oder begünstigt angesehen werden. Nach Osten und Südosten werden die wirklichen Kalkstandorte immer seltener und weniger ausgeprägt, um schliesslich durch gänzlich karbonatfreie, xerotherme Südabhänge, Felsenspalte u.s.w als Lokale für die krautreiche Vegetation ersetzt zu werden. Mit diesen successiven Veränderungen der Standorte geht das beobachtete Verschwinden einiger åländischen Arten gegen Osten parallel.

III. Wiesenwälder aus Ladoga-Karelien.

Wälder, die im Gegensatz zu den gewöhnlichen Heidewäldern wegen der schlecht entwickelten Bodenschicht und des Dominierens von Gräsern und Kräutern zu den Wiesenwäldern zu zählen wären, treten auf dem finnländischen Festlande nur vereinzelt auf. Einige Gegenden sind aber deswegen berühmt: unter ihnen und vielleicht an erster Stelle die Gebiete unweit von der ladogischen Nordküste. In den Wiesenwäldern, die hier auftreten, spielen s. g. edle Laubbäume keine Rolle. Nach der vorherrschenden Baumart kann man zwei Typen unterscheiden, die allerdings oft in einander übergehen, Grauerlen- und Fichtenwiesenwälder. Jene sind ohne Zweifel die häufigsten. In der Feldschicht spielen besonders relativ hochwüchsige Kräuter eine grosse Rolle. Sehr häufig tritt *Aconitum septentrionale* auf, eine Pflanze, die als kalkbegünstigt betrachtet wird.[1]) In den Grauerlenwäldern ist ausserdem *Aegopodium podagraria* eine Charakterpflanze. Moose, hauptsächlich *Hylocomium triquetrum* bildet in den Fichtenwäldern eine gewöhnlich nicht geschlossene Bodenschicht, in den Grauerlenwäldern sind eigentlich nur auf Steine und umgefallene Stämme Moose (*Mnium silvaticum*, *Hypna*) in grösserer Menge vorhanden. Diese Wiesenwälder werden von Linkola unter der Bezeichnung frische Hainwälder vom *Aconitum*-Typus (Cajander 1909 b) näher beschrieben und die, für sie charakteristischen Arten aufgezählt.

Im Sommer 1925 hatte ich die Gelegenheit einige dieser Pflanzengesellschaften und besonders ihre Standorte zu studieren. Die mitgenommenen Bodenproben wurden später im Herbst nach demselben Plan wie früher untersucht. Ausserdem wurde das Nitrifizierungsvermögen durch Lagern während drei Monaten geprüft.

---

[1]) Cajander (1909 a) zählt sie jedoch nur zu den »etwas kalkholden».

Hier folgen die Beschreibungen einiger ladogischen Wiesenwälder und ihrer Standorte:

I. Fichtenwiesenwald, Ruskeala, Tirri. 19/8 1925. Ein etwas gelichteter Fichtenwald. In der Gebüschschicht traten *Picea*, *Alnus incana* und *Lonicera xylosteum* hervor, in der Feldschicht u. a. *Aconitum septentrionale*, *Daphne mezereum*, *Rubus idaeus*, in der Bodenschicht *Hylocomium triquetrum*. Die Probefläche war in einem engen Tale zwischen Dolomitfelsen gelegen und fiel sanft nach S ab. Die Feuchtigkeit wurde auf 5 geschätzt. Das Bodenprofil war folgendes:

0—50 cm Verwitterungsgrus, hauptsächlich Glimmerschiefer, oben reich an Humus, Braunerde.[1])
50— » Lehmige Moräne, Untergrund (noch bei 1 m kein Brausen mit HCl).

Die Analysen gaben folgende Ergebnisse (Analysator A. Zilliacus):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	CaO gef.	CaO ber.	MgO	p^H
Ia	Mull	0—10 cm	23,74	0,940	3,81	0,075	5,4
Ib	Braunerde	20—30 »		1,023		0,120	6,6
Ic	Untergrund	50—60 »		0,405		0,219	6,7

Nach Lagern in 3 Monaten gab die Mullprobe nur Spuren von Nitrat, wogegen in der Braunerde eine gute Nitrifizierung eintrat.

II. Alnus-Picea-Wald, Ruskeala, Pfarrhof. Vegetationsaufnahme Tabelle V N:o 1.

Die Probefläche war auf einem mässig nach NE abfallenden Moränenabhang gelegen. Feuchtigkeit 5. Bodenprofil:

0—20 cm Mull mit grösseren und kleineren Steinen.
20—45 » lehmige Moräne, hellgrau
45—55 » » » dunkelgrau
55— » Moräne, schwach braun, bei 1 m noch nicht brausend.

Analysen (Analysator A. Zilliacus):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. subst.	CaO gef.	CaO ber.	MgO	K_2O	P_2O_5	p^H
IIa	Mull	0— 5 cm	9,41	0,349	3,58	0,043	0,028	0,020	5,7
IIb	Moräne	35 »							5,6
IIc	»	50 »							5,4
IId	»	70—80 »		0,048		0,026	0,036	0,061	5,6

Nach Lagern gab die Mullprobe nur Spuren von Nitrat, die b-Probe nitrifizierte gut.

[1]) Die chocholadenbraune Farbe stimmt völlig mit der der Braunerden südlicher Länder überein.

Tabelle V.

Wiesenwälder, 1 Krautreicher *Alnus-Picea*-Wald und 2—4 *Alnus incana*-Wiesenwälder.

1. Ruskeala, Pfarrhof etwas N vom Hofe am W-Strande des Tohmajoki. 21/8 1925.
2. Impilahti, Pullinvuori an der SE-Seite des Berges. 25/8 1925.
3. Impilahti, Pullinvuori an der N-Seite des Berges. 25/8 1925.
4. Sordavala, NE-Seite des Berges Rauskunvuori. 27/8 1925.

	1	2	3	4
Baumschicht.				
Acer platanoides	—	1	1	—
Alnus incana ..	3	3	5	3
Betula sp.	1	1	—	—
Picea abies	2	—	—	—
Populus tremula	2	1	—	—
Prunus padus ..	—	—	—	3
Sorbus aucuparia	1	—	—	—
Gebüschschicht.				
Acer platanoides	—	1	1	—
Alnus incana ..	2	4	1+	2
Juniperus communis	—	1	—	—
Picea abies	1	—	—	—
Populus tremula	—	1+	—	—
Prunus padus ..	1	1	—	1
Sorbus aucuparia	1	—	1	—
Feldschicht.				
Zwergsträucher.				
Alnus incana ..	1	—	1+	—
Prunus padus ..	1	—	—	—
Rubus idaeus ..	1	4	1	2
Vaccinium myrtillus	1	—	1	—
Viburnum opulus	—	—	1	—
Gräser.				
Agrostis capillaris	1	2	1	—
Calamagrostis arundinacea ..	3	4	—	—
Deschampsia caespitosa	—	2	1	—
» *flexuosa* ..	2	—	—	—
Melica nutans ..	2	2	1	—
Milium effusum	—	—	1	—
Kräuter.				
Aconitum septentrionale	2	3	3	3
Actaea spicata ..	—	1	—	—
Aegopodium podagraria	1	3	3	3
Angelica silvestris	1	—	—	1
Athyrium Filix femina	3	—	—	—
Aracium paludosum	1	—	—	—
Chaerefolium silvestre	—	—	1	—
Dryopteris dilatata	2	—	—	—
» *Filix mas*	—	2	2	2
» *linnaeana*	2	1	—	—
» *phegopteris*	1	—	—	—
» *spinulosa*	—	—	1	—
Filipendula ulmaria	2	2	2	—
Fragaria vesca ..	2	2	1	—
Galium aparine ..	—	1	—	—
Geranium silvaticum	1	—	1	—
Geum rivale	1	—	2	—
» *urbanum* ..	—	—	1	—

	1	2	3	4
Majanthemum bifolium	2	2	1	—
Oxalis acetosella	2	1	2	—
Paris quadrifolia	—	—	1	—
Pteridium aquilinum	—	—	1	—
Pyrola rotundifolia	—	2	—	—
Rubus saxatilis	2	2	1	—
Solidago virgaurea	1	—	—	—
Stachys silvatica	—	—	—	1
Stellaria nemorum	—	—	2	4
Trientalis europaea	1	—	1	—
Urtica dioeca ..		—	—	2
Veronica chamaedrys	1	2	1	—
Vicia sepium ..	—	1	—	—
Viola canina	1	—	—	—
» *mirabilis* .	1	—	—	—
Bodenschicht.				
Bryum roseum ..	1	—	—	—
Dicranum scoparium	1	—	—	—
Hylocomium proliferum	1+	—	(1[1])	—
Hylocomium triquetrum.....	3	—	—	—
Hypnum reflexum	1	(3)	(3)	2
Mnium silvaticum	1+	(2)	(2)	1
» *punctatum*	1	—	—	—
Plagiochila asplenioides	1	—	—	—
Thuidium sp.	1	—	—	—

III. Alnus incana-Wiesenwald, Ruskeala, Tirri. 19/8 1925. In der Baumschicht war neben *Alnus incana* reichlich *Prunus padus* vorhanden, in der Gebüschschicht kamen *Lonicera xylosteum* und *Daphne mezereum* vor. In der Feldschicht wurden als wichtige Arten *Aegopodium podagraria, Geranium silvaticum, Trollius europaeus* und *Dactylis glomerata* verzeichnet. Eine Bodenschicht war kaum entwickelt. Dolomitfelsen umgaben allseitig in unmittelbarer Nähe die Probefläche, ausserdem lagen an der Oberfläche des Bodens hier und da Dolomitsteine, die aber sonst tiefer in der Moräne fehlten. Feuchtigkeit etwa 5. Bodenprofil:

0—10 cm sandiger Mull
10—40 » sandige Moräne, schwache Braunerde
40— » » » Untergrund.

Analysen (Analysator A. Zilliacus):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	CaO gef.	CaO ber.	MgO	K_2O	P_2O_5	p^H
IIIa	Mull	0—10 cm	13,76	0,24	1,71	0,091			6,2
IIIb	Moräne	20—30 »							5,4
IIIc		60 »		0,072		0,091	0,034	0,051	5,6

[1]) Die in Klammern nur auf Steinen.

IV. ALNUS INCANA-WIESENWALD, Impilahti, Pullinvuori. Vegetationsaufnahme Tabelle V N:o 2.

Die Probefläche lag auf einem schwach nach E abfallenden Abhang, nur 3 à 4 m von einer steilen Felsenwand entfernt. Feuchtigkeit 5. Bodenprofil:

0—20 cm Mull mit viel Steinen.
20— » Moräne, Braunerde, allmählich nach unten heller.

Analysen (Analysator A. ZILLIACUS):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	CaO gef.	CaO ber.	MgO	K_2O	P_2O_5	p^H
IVa	Mull	5—15 cm	21,11	0,868	3,94	0,058	0,034	0,036	5,1
IVb	Moräne	25—30 »							5,5
IVc	»	60—70 »		0,048		0,045	0,016	0,028	5,5

Nitrifizierung war in der Mullprobe kaum merkbar, in der b-Probe stark.

V. ALNUS INCANA-WIESENWALD, Impilahti, Pullinvuori. Vegetationsaufnahme Tabelle V N:o 3.

Probefläche schwach nach N abfallend, etwa 20 m nördlich von einem Felsen. Feuchtigkeit 4. Bodenprofil:

0—20 cm Mull mit Steinen
20—45 » Moräne, schwache Braunerde
45— » » Untergrund.

Analysen (Analysator A. ZILLIACUS):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	N gef.	N ber.	CaO gef.	CaO ber.	MgO	K_2O	P_2O_5	p^H
Va	Mull	5—15 cm	52,4	1,90	3,63	0,879	1,65	0,098	0,038	0,035	5,0
Vb	Moräne	25—30 »				0,151		0,200	0,013	0,035	5,4
Vc	»	60—70 »				0,105		0,099	0,020	0,053	5,4

Nitrifizierung in der Mullprobe schwach, in der b-Probe gut.

VI. ALNUS INCANA-WIESENWALD, Sordavala, Rauskunvuori. Vegetationsaufnahme Tabelle V N:o 4.

Probefläche mässig gegen NE abfallend, am Fusse des Berges gelegen. Feuchtigkeit 5. Bodenprofil:

0—15 cm Mull mit Steinen.
15—20 » steinige Moräne, schwache Baunerde.
20— » lehmige Moräne, Untergrund.

Analysen:

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	N gef.	N ber.	CaO gef.	CaO ber.	MgO	K_2O	P_2O_5	p^H
VIa	Mull	5—10 cm	24,20	1,21	5,00	0,676	2,72	0,106	0,078	0,046	5,1
VIb	Moräne	40 »				0,242		0,211	0,054	0,084	5,7

Nitrifizierung in der Mullprobe schwach, in der b-Probe gut.

Aus der nördlichen Küstengegend des Ladoga-Sees sind unter dem Nahmen »Riutta»-Berge solche Felsen bekannt, die eine steile, stark verwitternde Südseite besitzen, wo im Verwitterungsgrus eine eigenartige, viele Seltenheiten beherbergende Flora Fuss gefasst hat. Sie sind also eine Art von Südbergen. Auf dem Insel Mäkisalo in Impilahti ist einer der berühmtesten, Pekanvuori, gelegen. Auf einer stark nach SE neigenden Probefläche wurde (26 8 1925) folgende Vegetationsaufnahme gemacht, die am ehesten eine Krautwiese darstellt und hier anhangsweise mitgeteilt wird:

Feldschicht, Holzgewächse: *Cotoneaster nigra* 3, *Rosa cinnamomea* 1.
Gräser: *Agrostis capillaris* 1, *Calamagrostis arundinacea* 1, *Carex muricata* 1, *Poa pratensis* 1.
Kräuter: *Hypericum perforatum* 3, *Satureja vulgaris* 3, *Galium aparine* 2, *Potentilla argentea* 2, *Thymus serpyllum* 2, *Dianthus arenarius* 1, *Fragaria vesca* 1, *Geum rivale* 1, *Hieracium pilosella* 1, *Myosotis arenaria* 1, *Potentilla anserina* 1, *Satureja acinos* 1, *Sedum acre* 1, *Veronica chamaedrys* 1.
Bodenschicht fehlte.

In der Nähe einzelne Ulmen und Ahorne. Feuchtigkeit 3—4. Die Bodenart war humushaltiges Verwitterungsgrus (Mull).

Analysen (Analysator A. Zilliacus):

Probe	Bodenart	Tiefe	Org. Subst.	N		CaO	MgO	K_2O	P_2O_5	p^H
				gef.	ber.	gef.				
VIIa	Mull	5 cm	7,39	0,28	3,79	0,720	0,431	0,225	0,239	7,2

Die Nitrifizierung war gut.

Besprechung.

Die Wiesenwälder, die oben behandelt worden sind, verdanken ihre Bezeichnung als kalkbegünstigt hauptsächlich *Aconitum septentrionale*. Die übrigen, in meinen Aufzeichnungen erwähnten Pflanzenarten sind grösstenteils indifferent. In Linkolas Verzeichnis der in den *Aconitum*-Hainwäldern angetroffenen Arten begegnen wir weiter als Seltenheiten *Cypripedium calceolus*, *Neottia nidus avis*, (*Helleborine latifolia*) und etwas häufiger *Listera ovata*, die als mehr oder weniger deutlich kalkbegünstigt betrachtet werden können. Man muss also sagen, dass das Gepräge der Vegetation im Vergleich mit der åländischen den Kalkfaktor viel weniger hervortreten lässt. Diese Tatsache findet ihre Erklärung in den Ergebnissen der Standortsuntersuchung.

Die studierten Wiesenwälder hatten in allen Fällen als Substrat Moräne oder Grusboden. Die Moräne war meist sandig, bisweilen lehmig und vom im Lande gewöhnlichen Typus. *Das Bodenprofil zeigt nicht die gewöhnliche*

Podsolierung, sondern stellt eine ziemlich typische Braunerde dar. Statt Rohhumus ist hier eine aus gemischten Mineral- und Humusbestandteilen zusammengesetzte, krümelige Mullschicht vorhanden, in der nur einzelne Mineralkörnchen durch ihre blasse Farbe eine schwache Auslaugung kundgeben. Die Mullschicht geht allmählich in eine chocholadenbraune Anreicherungsschicht über, auf die wieder ganz allmählich der unveränderte Untergrund folgt.

In keinem Falle konnte im Boden Kalkkarbonat nachgewiesen werden. Die Beträge an leichtlöslichen Kalk, die im Mineralboden gefunden wurden, waren mit einer Ausnahme (der Verwitterungsgrus N:o I) nicht grösser als gewöhnlich in entsprechenden Bodenarten. Die stark lehmige Moräne VIb gab wegen ihrer kleinen Körnchengrösse die höchste Zahl, 0,242 Proz.

Auch der Humus enthielt bedeutend weniger Kalk als entsprechende Bodenproben aus den åländischen Wiesen und Wiesenwäldern. Zahlen wie 1,65—3,95 Proz. CaO auf die organische Substanz berechnet sind zwar für gewöhnlichen Waldhumus hoch, sind aber in wiesenwaldartigen Pflanzengesellschaften auch in anderen Teilen des Landes gefunden worden. Weil der leichtlösliche Kalk nicht in grösseren Mengen als gewöhnlich im Mineralboden des Standortes vorhanden ist, muss die immerhin zu konstatierende Anreicherung im Humus entweder durch die transportierende Wirkung kalkhaltigen strömenden Bodenwassers oder durch die Tätigkeit der Pflanzen selbst zustandekommen. Was den Gesteinsgrund betrifft, so sind in der Gegend von Ruskeala, woher meine Aufzeichnungen N:o I, II u. III stammen, Dolomite und Kalcite so häufig, dass das strömende Wasser reichlich Kalk mitbringen kann. Am Fusse des Berges Pullinvuori in Impilahti (N:o IV u. V) sind auch auf ein paar Stellen kleine Kalkfelsen gefunden worden. Wahrscheinlich kommt aber die Kalkwirkung hier durch die nichtkarbonatischen Grünsteine zu stande, die den, aus Gneisgranit bestehenden Berg durchsetzen. Am N-Abhange des, aus Grünsteinen bestehenden Berges Rauskunvuori (N:o VI), in der Nähe von Sordavala kommt reichlich Kalcit vor.[1]) Auch die Vegetation war in vielen Fällen für eine Anhäufung von Kalk günstig. Wissen wir ja durch die Untersuchungen Hesselmans (1926), dass *Alnus incana* zu den Bäumen gehört, deren Streu viel Kalk enthält.

Die Reaktionsuntersuchung hat unerwartet niedrige p^H-Zahlen ergeben. Während der Moränboden im Lande gewöhnlich als Rosterde oder Untergrund eine Reaktion von p^H 6 oder etwas mehr aufweist, finden wir hier mit ein paar Ausnahmen Reaktionszahlen 5,4—5,7 sowohl in der Braunerde als im Untergrund, also eine deutlich saure Reaktion. Wie diese Ansäuerung des

[1]) Die Angaben über den Gesteinsgrund dieser Gegenden verdanke ich reundlicher Mitteilung des Herrn Staatsgeologen V. Hackman.

Mineralbodens zustande kommt, ist ganz unklar. Es sei nur erwähnt, dass ähnliche Verhältnisse schon früher in Braunerdeprofilen aus Mittel-Europa beobachtet worden sind. (Nemec u. Kvapil). In ein paar ähnlichen Profilen aus Estland fand ich auch dieselbe Ansauerung des Mineralbodens.

Auch die Mullschicht war in vielen Fällen unerwartet sauer. Besonders bemerkenswert ist, dass die am meisten typischen Grauerlen-*Aconitum*-Bestände IV, V u. VI übereinstimmende Reaktionszahlen 5.0—5.1 ergaben. Ähnliche Zahlen, die sich kaum von den, in krautreichen Heidewäldern gefundenen unterscheiden, sind auch von Aaltonen (1925) in den Waldbeständen des s. g. *Aconitum*-Typus beobachtet worden. Die saure Reaktion, die im Mull herrscht, ist eine Zeuge davon, dass die Humusstoffe noch von ihrer Sättigung mit Ca weit entfernt sind, was nur durch eine knappe Kalkzufuhr erklärt werden kann.

Die gefundenen Zahlen der leichtlöslichen übrigen Pflanzennährstoffe fallen durchaus innerhalb der Grenzen des im Lande gewöhnlichen. Es liegt also kein Grund vor hier besonders günstige Verhältnisse anzunehmen.

Eigentümlich ist, dass in den Mullschichten, wo in ein paar Fällen ziemlich reichliche Stickstoffvorräte nachgewiesen sind, nur sehr schwache Nitrifizierung zustande kam. Der Mineralboden gab dagegen reichlich Nitrat. Aaltonen (1926) hat auch in Proben aus zwei *Aconitum*-Wäldern starke Nitrifizierung bekommen. *Diese Wiesenwälder sind also zu den nitrifizierenden Pflanzengesellschaften zu zählen*, wenn auch die Umwandlung, wie meine Versuche zeigen, in der Humusschicht bei weitem nicht immer glatt verläuft.

Anders gestalten sich offenbar die Verhältnisse in der Krautwiese des Riutta-Berges VII. Der Berg Pekanvuori besteht teils aus Diorit (südlich), teils aus Hornblendegabbro (nördlich), führt aber, soviel man weiss, kein Karbonat.[1] Im humushaltigen Verwitterungsgrus waren Mg, K und P in leichtlöslicher Form reichlich vorhanden. Auch der Ca-Gehalt war erheblich und die Reaktion annähernd neutral. Ein bedeutender Stickstoffgehalt und eine glatt verlaufende Nitrifizierung waren auch diesem Boden eigen. Diese günstigen Faktoren ermöglichen, zusammen mit dem milden Klima des Südberges, die üppige »Riutta»-Vegetation, die also hier nichts mit Kalkkarbonat zu tun hat.

Man muss also annehmen, dass die ladogischen Wiesenwälder des oben behandelten Typus mit einer etwas erhöhten »Kalkwirkung» (Tamm. 1921) des Standortes zusammenhängen, die durch strömendes, nährstoffreiches Wasser und die günstige Bodenbildung, vielleicht durch eine alte Laubvegetation zustande kommt.

[1]) V. Hackman, nach mündlicher Mitteilung.

IV. Sonstige Wiesenwälder.

Ausser auf Åland, an der Südküste des finnländischen Binnenlandes und in Ladoga-Karelien begegnet man hier und da im Inneren des Landes wiesenartige Waldtypen. Hieher gehören die besonders im Norden verbreiteten, sehr natürlichen *Geranium silvaticum*-reichen Fichtenwälder, die stellenweise Moränenabhänge bekleiden, und wie HESSELMANN (1917) für ähnliche Pflanzenvereine in Schweden hervorgehoben hat, durch strömendes sauerstoff- und nährsalzführendes Bodenwasser bedingt sind. In Gegenden, wo Brandwirtschaft neulich getrieben wurde, begegnet man auch häufig krautreiche Grauerlen- und Birkenwälder. (Ein Beispiel wird auf S. 75—76 gegeben.) Diese brauchen nicht mit Kalkkarbonatvorkommen im Boden oder in den umgebenden Felsen zusammenzuhängen.

Die wenigen Wiesen und Wiesenwälder, die hier zum Schluss behandelt werden sollen, sind aber in ausgesprochenen Kalkgegenden zu Hause und werden durch das Vorkommen von allgemein als kalkhold bezeichneten Pflanzen gekennzeichnet. Hier werden zuerst zwei hochkrautreiche Fichtenwälder behandelt. Der erste kann man, wenn man so will, zu dem *Geranium*-reichen Typus rechnen.

I. HOCHKRAUTREICHER FICHTENWALD; Puolanka, Pihlajavaara. 26/7 1921. Die Vegetation war folgende:

Baumschicht: *Picea abies* 3, *Alnus incana* 1, *Betula* sp. 1.
Gebüschschicht: *Picea abies* 2, *Alnus incana* 1, *Juniperus communis* 1.
Feldschicht, Zwergsträucher: *Vaccinium vitis idaea* 1, *Linnaea borealis* 1, *Daphne mezereum* 1.
Gräser: *Agropyron caninum* 2, *Melica nutans* 2.
Kräuter: *Geranium silvaticum* 3, *Filipendula ulmaria* 3, *Melampyrum silvaticum* 3, *Aracium paludosum* 2, *Cirsium heterophyllum* 2, *Cypripedium calceolus* 2, *Paris quadrifolia* 2, *Pyrola rotundifolia* 2, *Equisetum silvaticum* 1, *Oxalis acetosella* 1, *Majanthemum bifolium* 1, *Trientalis europaea* 1, *Chamaenerium angustifolium* 1, *Ranunculus acris* 1, *Angelica silvestris* 1.
Bodenschicht: *Hylocomium proliferum* 4, *Hyl. parietinum* 2.

Der Fichtenwald war nur etwa 40 Jahre alt. Vor 60 Jahren war der alte Fichtenwald beinahe vollkommen abgetrieben worden. Der Standort war schwach nach W geneigt; die Feuchtigkeit wurde zu etwa 4—5 geschätzt. In der Gegend sind kalkhaltige Gesteine nicht selten. Bodenprofil:

0—20 cm stark sandhaltiger Mull.
20— » steinige Moräne.

Analysen (Analysator E. STÅHLBERG):

Probe	Bodenart	Tiefe	CaO gef.	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	p^H
Ia	Mull	10—20 cm	0,91	0,12	0,01	0,03	0,09	7,0

Die Titrierungskurve (Fig, 9, Ia) mit je 15 g Trockensubstanz bekommt ihr Gepräge durch den Humus, der eine verhältnismässig grosse Beständigkeit der Reaktion bedingt.

Die Nitrifizierung war sowohl mit als ohne $CaCO_3$-Zusatz besonders kräftig. Die Mannitkulturen gaben eine dunkelbraune Pilzvegetation, die ohne $CaCO_3$-Zusatz sich ziemlich schwach, mit $CaCO_3$ aber gut entwickelte.

II. Hochkrautreicher Fichtenwald; Juuka, Juuanvaara. 27/6 1921 Vegetationsaufnahme:

Baumschicht: *Picea abies* 3, *Betula* sp. 2.
Gebüschschicht: *Lonicera xylosteum* 2, *Picea abies* 1.
Feldschicht, Zwergsträucher: *Vaccinium myrtillus* 1, *Sorbus aucuparia* 1.
Gräser: *Calamagrostis arundinacea* 3, *Melica nutans* 2.
Kräuter: *Actaea spicata* 4, *Oxalis acetosella* 3, *Convallaria majalis* 2, *Rubus saxatilis* 2, *Majanthemum bifolium* 2, *Viola mirabilis* 2, *Paris quadrifolia* 2, *Melampyrum silvaticum* 2, *Fragaria vesca* 1, *Trientalis europaea* 1, *Solidago virgaurea* 1, *Pyrola secunda* 1.
Bodenschicht: *Hylocomium triquetrum* 3, *Hyl. proliferum* 2.

Die Fichten waren alt und stattlich. Die Gesellschaft nahm ein kleines Areal ein, dicht in der Nähe und östlich eines steilen Dolomitfelsens. Lage plan, Feuchtigkeit 4. Bodenprofil:

0—15 cm sandiger Mull.
15— » steinige Moräne.

Analysen (Analysator K. Toivonen):

Probe	Bodenart	Tiefe	N gef.	CO_2	CaO gef.	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	p^H
IIa	Mull	10 cm	0,45	0,38	1,60	0,39	0,09	0,01	0,16	7,2

Die Nitrifizierung war wenigstens in den Lösungskulturen (Lagern wurde leider nicht versucht) schwach, trat aber auch ohne Impfung und $CaCO_3$ Zusatz auf. Die Mannitkulturen gaben gute Ergebnisse. Es entwickelten sich dunkelbraune Pilzvegetationen, von denen allerdings die ohne $CaCO_3$ bedeutend schwächer war. In 3 Monaten fixierte die Kultur ohne $CaCO_3$ 2,0, die mit $CaCO_3$ 3,0 mg N pro 1 g Mannit.

In der Grenzgegend zwischen nördlichem Savolax und Karelien wird noch heute Brandwirtschaft getrieben. Auf den alten Brandkulturflächen entstehen später Vegetationstypen von bisweilen heideartigem, bisweilen und am öftesten mehr oder weniger krautreichem wiesen- oder wiesenwaldartigem Charakter. Der letztere Typus wird von dem nachfolgenden Beispiele veranschaulicht.

III. Krautreicher Grauerlenwald; Juuka, Halivaara. 21/6 1921. Vegetationsaufnahme:

Niedere Baumschicht: *Alnus incana* 5-, *Populus tremula* 2-, *Betula* sp. 2-, *Salix caprea* 2-, *Pinus silvestris* 1.
Gebüschschicht: *Alnus incana* 3, *Salix caprea* 2-, *Sorbus aucuparia* 2-, *Juniperus communis* 1,
Feldschicht, Zwergsträucher: *Vaccinium myrtillus* 3, *Vacc. vitis idaea* 2.
Gräser: *Calamagrostis arundinacea* 3, *Melica nutans* 2.
Kräuter *Rubus saxatilis* 4-, *Geranium silvaticum* 2, *Melampyrum silvaticum* 2, *Solidago virgaurea* 2-, *Majanthemum bifolium* 2-, *Hieracium vulgatum* 1, *Hier. umbellatum* 1, *Viola riviniana* 1, *Chamaenerium angustifolium* 1.
Bodenschicht: *Hypna* 2-, (auf Steinen ausserdem *Hypnum reflexum* und *Hylocomium proliferum*).

Die Probefläche war vor etwa 30 Jahren geschwendet worden und lag an dem sanft geneigten W-Abhange des Berges Halivaara. Die Feuchtigkeit wurde zu 4 geschätzt. Bodenprofil (Eisenpodsol):

0—18 cm sand- und steinreicher Mull (frühere Kulturschicht der Brandwirtschaft).
18—25 » Moräne, Bleicherde.
25— » » Rosterde.

Analysen: (Analysator a-Probe H. Lönnroth, b-Probe K. Toivonen):

Probe	Bodenart	Tiefe	CaO gef.	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	SO_3	p^H
IIIa	Mull	0— 5 cm	0,88	0,08	0,09	0,03	0,06		5,2
IIIb	Rosterde	30 »	0,08	0,23	0,04	0,08	0,10	0,01	5,6

Die Titrierungskurve (Fig. 9, IIIb) bezieht sich auf die b-Probe und zeigt einen, für sandige Rosterdeschichten gewöhnlichen Verlauf mit grosser Nachgiebigkeit vor allem gegen Säuren.
Die Nitrifizierung missglückte in sämtlichen Kulturen. Dagegen gab die Mullprobe auch in der $CaCO_3$- freien Mannitlösung gute Pilzvegetation. Die Kultur ohne $CaCO_3$ fixierte 3,4, die mit $CaCO_3$ 4,6 mg N auf 1 g gebotener Mannit.

Ebensowenig ist die folgende Vegetation als ursprünglich zu betrachten, da auch hier früher geschwendet worden ist, worauf die reichlichen Kohlenreste im Boden hindeuten. Sie ist wegen der lichten Baumschicht als eine Laubwaldwiese (Laubwiese) zu betrachten.

IV. Laubwald-Krautwiese; Juuka, Juuanvaara. 26/6 1921. Vegetationsaufnahme:

Baumschicht: *Betula pubescens* 3-, *Alnus incana* 2-, *Populus tremula* 1, *Picea abies* 1.
Gebüschschicht: *Sorbus aucuparia* 1, *Betula pubescens* 1, *Juniperus communis* 1.
Feldschicht, Gräser: *Carex capillaris* 4, *Melica nutans* 2-, *Luzula pilosa* 2-, *Calamagrostis arundinacea* 2-, *Festuca rubra* 1.

Kräuter: *Angelica silvestris* 3, *Cypripedium calceolus* 3-, *Potentilla erecta* 2, *Pyrola rotundifolia* 2, *Rubus saxatilis* 2, *Listera ovata* 2, *Convallaria majalis* 2, *Aracium paludosum* 2, *Geranium silvaticum* 2-, *Cirsium heterophyllum* 2-, *Picris hieracioides* 2-, *Fragaria vesca* 2-, *Paris quadrifolia* 2-, *Majanthemum bifolium* 2-, *Viola epipsila* 2-, *Melampyrum silvaticum* 2-, *Daphne mezereum* 1, *Solidago virgaurea* 1, *Trientalis europaea* 1, *Hieracium umbellatum* 1, *Oxalis acetosella* 1, *Gymnadenia conopsea* 1.
Bodenschicht: 0. (Vereinzelte Bülten trugen *Hylocomium proliferum* und *triquetrum*).

Die Lage der Probefläche in der Nähe von niedrigen Dolomitfelsen war sanft nach S geneigt, die Feuchtigkeit 4—5. Bodenprofil:

0—10 cm Mull.
10— » grusreiche Moräne (schwache Braunerde).

Analysen: (Analysator K. Toivonen):

Probe	Bodenart	Tiefe	N gef.	CO_2	CaO gef.	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	SO_3	p^H
IVa	Mull	5 cm	1,41	1,21	2,21	0,12	0,04	0,05	0,08	0,04	7,2
IVb	Moräne	30 »			0,20	0,08	0,07	0,05	0,03		7,3

Da die Humuskurven überhaupt eine sehr grosse Gleichförmigkeit aufweisen, wurde nur die Moränenprobe auf ihre Titrierungskurve (Fig. 9, IVb) untersucht. Es wurde je 15 g Trockensubstanz verwendet. Die Kurve zeigt einen eigenartigen Verlauf, der sich deutlich von den gewöhnlichen Sandkurven unterscheidet. Besonders ist die grosse Resistenz gegen kleinere Alkalimengen bemerkenswert. Auch bei Säurezusatz ändert sich die Reaktion nur allmählich.

Die Nitrifizierung war auch in ungeimpften Proben aus der humösen Schicht ausgezeichnet. Jedoch kommen die guten Ergebnisse nur bei $CaCO_3$-Zusatz zustande. Die Mannitkulturen gaben ohne $CaCO_3$ eine schlechte Entwicklung. $CaCO_3$-Zusatz liess aus der Mullprobe ein kräftiges, dunkles Pilzmycel entstehen, das eine N-Fixierung von 4,4 mg pro 1 g Mannit zustandebrachte. Auch die Moränenprobe gab mit $CaCO_3$ gute Pilzvegetation.

Unten folgen ein paar Krautwiesen aus derselben Kalkgegend.

V. Krautwiese; Juuka, Juuanvaara. 26/6 1921. Vegetationsaufnahme:

Feldschicht, Gräser: *Calamagrostis arundinacea* 2, *Carex capillaris* 2, *Melica nutans* 2, *Agrostis capillaris* 2, *Deschampsia flexuosa* 2, *D. caespitosa* 2-.
Kräuter: *Geranium silvaticum* 4-, *Convallaria majalis* 3-, *Angelica silvestris* 2, *Paris quadrifolia* 2, *Prunella vulgaris* 2, *Solidago virgaurea* 2, *Picris hieracioides* 2, *Aracium paludosum* 2, *Melampyrum silvaticum* 2, *Majanthemum bifolium* 2, *Rubus saxatilis* 2-, *Hieracium umbellatum* 2-, *Cirsium heterophyllum* 2-, *Listera ovata* 2-, *Ranunculus acris* 2-, *Gymnadenia conopsea* 1, *Fragaria vesca* 1, *Filipendula ulmaria* 1, *Botrychium lunaria* 1.
Bodenschicht: *Hylocomium proliferum* 3, *Hyl. triquetrum* 3.

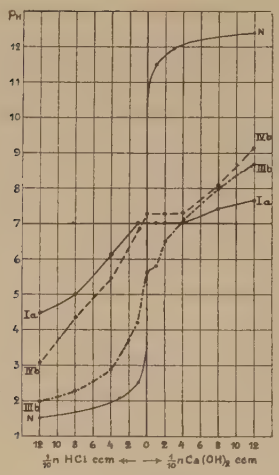

Fig. 9. Titrierungskurven. Ia Mull, IIIb Moräne, Rosterde, IVb Moräne, Braunerde.

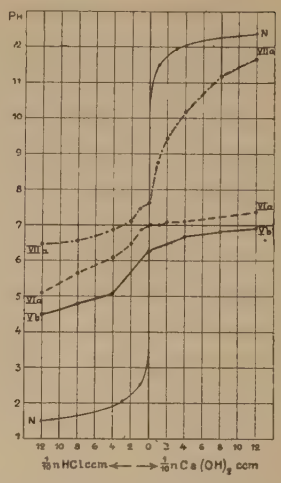

Fig. 10. Titrierungskurven. Vb humusreiche Braunerde, VIa Mull, VIIa Dolomitverwitterungsgrus.

Die Probefläche lag am Waldrande neben einem Dolomitfelsen und war sanft nach O geneigt. Die Feuchtigkeit wurde auf 4—5 geschätzt. Bodenprofil:

0— 5 cm Mull.
5—45 » Sand, starke Braunerde.
45— » Dolomitfelsen.

Analysen (Analysator K. Toivonen):

Probe	Bodenart	Tiefe	N gef.	CO_2	CaO gef.	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	p^H
Vb	Sand	20 cm	0,42	0,93	0,53	0,30	0,04	0,04	0,24	6,3

Die Titrierungskurve (Fig. 10, Vb) bezieht sich auf Proben von 15 g Trockensubstanz. Der Humusgehalt war so gross, dass die Kurve einer echten Humuskurve ähnlich wird. Die aktuelle Nachgiebigkeit ist also gering, gegen Alkali 0,1, gegen Säure 0,3.

Die Nitrifizierung war nach $CaCO_3$-Zusatz zu den Flüssigkeitskulturen gut. Die Mannitkulturen gaben ohne $CaCO_3$ kein, mit $CaCO_3$ mässiges Wachstum von Pilzen.

VI. Krautwiese; Juuka, Juuanvaara. 27/6 1921. Vegetationsaufnahme:

Feldschicht, Gräser: *Agropyron caninum* 2, *Melica nutans* 2-,
Kräuter: *Angelica silvestris* 4-, *Filipendula ulmaria* 3, *Viola mirabilis* 3-, *V. umbrosa* 2, *V. epipsila* 2, *Convallaria majalis* 2, *Paris quadrifolia* 2, *Oxalis ace-*

tosella 2, *Listera ovata* 2, *Majanthemum bifolium* 2, *Cirsium heterophyllum* 2, *Aracium paludosum* 2-, *Melampyrum silvaticum* 2-, *Geranium silvaticum* 2-, *Dryopteris linneana* 2-, *Cypripedium calceolus* 2-, *Coeloglossum viride* 1, *Alchemilla vulgaris* 1, *Actaea spicata* 1, *Dryopteris phegopteris* 1, *Fragaria vesca* 1, *Ranunculus acris* 1, *Trientalis europaea* 1, *Solidago virgaurea* 1.
Bodenschicht: *Hylocomium proliferum* 2, *Brachytecium* sp. 2-.

Die Probefläche zeigte eine deutliche Neigung nach O und lag östlich von einem steilen Dolomitfelsen, etwa 1 m von diesem entfernt. Dicht an dem Felsen dominierten *Actaea spicata* und *Dryopteris phegopteris*. Die Lage war nicht offen, denn teils wurde die W-Sonne von dem Dolomitfelsen verdeckt, teils gaben in der Nähe wachsende, zerstreute Espen, Grauerlen und Fichten einigen Schatten. Die Feuchtigkeit wurde auf etwa 5 geschätzt. Bodenprofil:

0—25 cm Mull.
25— » steinige Moräne.

Analysen (Analysator K. Toivonen):

Probe	Bodenart	Tiefe	N gef.	CO_2	CaO gef.	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	p^H
VIa	Mull	15 cm	1,54	1,23	4,67	0,24	0,05	0,08	0,11	7,0

Die Titrierungskurve (Fig. 10, VIa) bezieht sich auf Proben von je 5 g Trockensubstanz und ist eine typische Humuskurve mit sehr geringer Nachgiebigkeit gegen Alkali und Säure.
Die Nitrifizierung war überall in den Kulturen gut. Ein Zusatz von $CaCO_3$ war nicht einmal immer nötig. Die Mannitkulturen gaben ohne $CaCO_3$ eine relativ schwache Entwicklung. Mit $CaCO_3$ kam ein ausgezeichneter, dunkel brauner Pilzkuchen zustande, der in 3 Monate 3,0 mg auf 1 g anwesenden Mannites fixierte.

Im Zusammenhang mit den Krautwiesen wird hier noch zum Schluss eine krautreiche Moosheide behandelt.

VII. Krautreiche Moosheide; Juuka, Juuanvaara. 26/6 1921. Vegetationsaufnahme:

Feldschicht, Gräser: *Calamagrostis arundinacea* 2-.
Kräuter: *Antennaria dioeca* 3, *Rubus saxatilis* 3-, *Convallaria majalis* 3-, *Gentiana lingulata* 2-, *Erigeron acris* 1, *Helleborine atropurpurea* 1.
Bodenschicht, Moose: *Ditrichum flexicaule* 4, *Barbula convoluta* 3, *Grimmia apocarpa* 2-, *Encalypta contorta* 2-.
Flechten: *Cladoniae* 2.

Der Standort war ein sanft sich gegen W neigender, niedriger Dolomitfelsen, der von Verwitterungsgrus in einer Mächtigkeit von 5—10 cm bedeckt war. Die Feuchtigkeit war sehr gering, 1—2.

Analysen (Analysator K. Toivonen):

Probe	Bodenart	Tiefe	N gef.	CaO gef.	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	SO_3	p^H
VIIa	Dolomit-Verwitterungsgrus.	5 cm	0,12	>20,0	10,14	0,04	0,08	0,08	0,01	7,7

Die Titrierungskurve mit je 15 g Substanz (Fig. 10, VIIa) erhält ihr Gepräge von den Karbonaten, die natürlich durch Neutralisation der Säure eine starke Pufferung gegen Säuren ausüben. Gegen Alkali ist der Dolomitsand dagegen stark nachgiebig (akt. Nachg. 1,1).

Die Nitrifizierung glückte nur in geimpften, angefeuchteten Kulturen und, wie zu erwarten war, beinahe eben so gut mit, als ohne Zusatz von $CaCO_3$. Die Mannitkulturen gaben eine mässige, dunkle Vegetation, die unter den gewöhnlichen Bedingungen 2,2 mg N fixierte.

Besprechung.

Unter der Bezeichnung »sonstige Wiesenwälder» sind hier oben einige Pflanzengesellschaften hauptsächlich aus der Grenzgegend zwischen nördlichem Savolax und Karelien behandelt worden, die in bezug auf ihre sowohl Zusammensetzung als Beziehungen zum Kalke sehr verschieden sind. In den hochkrautreichen Fichtenwaldfragmenten I u. II treten an der Seite von trivialen Waldpflanzen wie *Majanthemum bifolium*, *Trientalis europaea*, *Oxalis acetosella*, *Melica nutans* u. s. w. ausgesprochene Kalkpflanzen wie *Cypripedium calceolus* und *Viola mirabilis* auf. Die Physiognomie wird aber durch hochwüchsige Kräuter wie *Geranium silvaticum*, *Filipendula ulmaria* oder *Actaea spicata* bestimmt. Zwergsträucher spielen keine Rolle. In beiden Fällen war der Mineralboden ganz gewöhnliche, steinige Moräne. Es hatte sich aber ein typischer Mullboden entwickelt mit p^H 7,0—7,2 in der stark sandigen obersten Schicht. Die Titrierungskurve zeigt, dass diese günstige Reaktion einigermassen stabil ist. Die Humusstoffe sind durch Ca-haltiges Wasser von in der Nähe befindlichen Felsen gesättigt, wenn auch die Analysen offenbar wegen des geringen Humusgehaltes keine grösseren Ca-Beträge ergeben konnten. Die leichtlöslichen Kalimengen waren klein. Die Nitrifizierung verlief glatt, N-bindende Organismen waren reichlich vorhanden.

Stark vom Kalke beeinflusst sind auch die ausserordentlich üppigen und artenreichen Laubwald- und baumlosen Krautwiesen IV—VI. Sie herbergen solche bemerkenswerte Pflanzen wie *Cypripedium calceolus*, *Listera ovata*, *Gymnadenia conopsea*, *Viola mirabilis*, *Picris hieracioides*, *Aracium paludosum*, *Carex capillaris* u. a., die mehr oder weniger stark kalkbegünstigt sind, dazu noch eine grosse Menge indifferenter Arten. Die Kalkwirkung ist hier stärker als je in einer früher besprochenen Probefläche (einzelne åländische vielleicht

ausgenommen) und kommt auch hier durch $CaCO_3$-reiches Wasser zustande. Die Reaktion ist neutral und stabil. Die Humusstoffe der typischen Mull- oder Braunerdeprofile sind nicht nur gesättigt, sondern sogar übersättigt, so dass sich Kalkkarbonat ausgeschieden hat. Darauf deuten sowohl die hohen Ca-Beträge wie auch die CO_2-Zahlen der Analysen IVa und VIa. Die Gehalte an leichtlöslichem Kalium waren, wie gewöhnlich in Ca-reichen Böden, klein. Stickstoff war ziemlich reichlich vorhanden. In dem Falle, wo die unterliegende Moräne analysiert wurde (N:o IVb), zeigte sie ganz gewöhnliche Gehalte an leichtlöslichen Mineralstoffen. Der etwas höhere Ca-Gehalt hängt sicher mit einer schwachen Einmischung von Humus in der Braunerde zusammen. Davon kommt auch die Resistenz besonders gegen Alkali. Die Reaktion p^H 7,3 spricht aber dafür, dass auch diese Schicht von $CaCO_3$-reichem Wasser durchströmt wird. Der Braunerde-Sand (Vb), der auf dem Dolomitfelsen ruhte, kann vielleicht etwas Dolomit enthalten haben. Er entwickelte ziemlich viel CO_2; sein P_2O_5-Gehalt war ungewöhnlich gross. Die mikrobiologischen Stickstoffumsetzungen verliefen selbstverständlich in diesen idealen Mullböden ausgezeichnet.

Die krautreiche Moosheide N:o VII hat den am meisten ausgesprochenen Kalkstandort, den Dolomit-Verwitterungsgrus. Wegen der grossen Trockenheit ist die Artenliste kurz. *Helleborine atropurpurea* und einige Kalkmoose bilden die kalkholden Elemente des Standortes. Die Reaktion war p^H 7,7, die Titrierungskurve die reine $CaCO_3$-Kurve. Kalk und Magnesium waren natürlich reichlich vorhanden, die übrigen leichtlöslichen Nährstoffe aber knapp. Nitrifizierungsbakterien schienen zu fehlen, die Stickstoffbindung war ziemlich gut.

Im Gegensatz zu den oben besprochenen Vegetationstypen hat der krautreiche Grauerlenwald N:o III nichts mit dem Kalke zu tun. Er ist offenbar auf einer ganz gewöhnlichen, podsolierten Moräne durch die Brandwirtschaft entstanden. Nachdem die Fläche sich selbst überlassen wurde, sind Gräser und Kräuter eingewandert, und die Rohhumusbildung konnte nicht wieder einsetzen. Durch fliessendes Wasser und das Laubstreu der Erlen ist der Mull ziemlich günstig geworden und die Vegetation ist üppig, wenn auch von trivialen Arten, unter ihnen auch Zwergsträucher, zusammengesetzt. Der Ca Gehalt der Mullschicht ist ziemlich bedeutend, die Reaktion aber deutlich sauer, p^H 5,2. Die Rosterde der Moräne war nur etwas reicher an Mg, ziemlich sauer und zeigte eine gewöhnliche grosse Nachgiebigkeit besonders gegen Säuren. Wider Erwartung missglückten die Nitrifizierungsversuche vollständig. Wahrscheinlich wird also der N von der reichen Vegetation als Ammoniumsalz verwertet, denn an Stickstoff kann kein Mangel sein. Die aus der Mullprobe erhaltenen Mikroorganismengesellschaften fixierten nämlich davon maximale Mengen.

Überblick der Kalkfrage.

Wie es keine höhere Pflanze gibt, die im stande wäre *ohne Kalk* zu leben, so dürfte es auch keine geben, die *unbedingt Kalkkarbonat* für ihr Leben nötig hätte. Soviel man weiss, gedeihen auch die am meisten kalkliebenden Pflanzen in der Kultur gut ohne diesen Stoff (Vergl. z. B. die Versuche ZLATNIKS (1928) mit *Sesleria coerulea*). Man kann allerdings dagegen einwenden, dass sie Kalkkarbonat zu ihrer vollen Entwicklung und zur Erlangung genügender Konkurrenzkraft im Freien bedürften; aber diese Annahme ist noch unbewiesen. Jedenfalls hat der Physiologe keinen Grund von besonderen Kalkpflanzen zu reden.

Um so mehr drängt sich dieser Begriff dem Pflanzengeographen und Exkurrenten auf. Seit den Tagen FRANZ UNGERS[1]) 1836 hat man allgemein von bodensteten, bodenholden und bodenvagen Pflanzen gesprochen und vom Anfang an stand ihr Verhältnis zum Kalke im Vordergrund. Es ging aber bald wie es uns noch immer geht; über je weitere Gebiete man die Exkursionen ausdehnt, je eingehender man das Vorkommen der verschiedenen Arten beachtet, um so mehr nimmt die Zahl der Kalksteten und der Kalkscheuen ab. Dies führte seinerzeit zu der bekannten pflanzengeographischen Richtung THURMANNS, die nicht nur dem Kalke sondern den chemischen Eigenschaften des Bodens überhaupt jede Bedeutung absprechen wollte und in den physikalischen Faktoren die entscheidenden erblickte. Es ist jetzt überflüssig zu betonen, dass es sich nicht um ein Entweder-oder sondern um ein Sowohl-als handelt, und dass unter verschiedenen Umständen einmal die eine, einmal die andere Faktorengruppe als wichtiger hervortritt. Die Tatsache, dass die Abhängigkeit der Pflanzen von der chemischen Zusammensetzung und vor allem dem Kalkgehalt des Bodens in zahlreichen Fällen offenbar zu sein scheint, hat sicher zu der Popularität der UNGER'schen, später von CONTEJEAN u. a. lebhaft verteidigten Richtung beigetragen. Die meisten fragen ja

[1]) Es kann natürlich hier nicht von einem Referat der ausserordentlich reichen Kalkliteratur die Rede sein. Unter den neuesten Arbeiten enthält z. B. die von ZLATNIK (1928) ein reiches Literaturverzeichnis. Siehe auch ARRHENIUS (1926) und MEVIUS (1927). Die ältere Literatur findet sich bei ROUX (1900) zusammengestellt.

auch nicht darnach, ob es der Kalkfaktor selbst ist oder irgendwelche seiner Begleiter, welchen die Pflanzen gehorchen.

Man hat versucht die Böden, die einerseits den Kalkpflanzen, andererseits den s. g. Kieselpflanzen zusagen, durch genaue Karbonatgehalte zu charakterisieren. Nach MAGNIN soll mehr als 2—3 Proz. $CaCO_3$ Kalkvegetation, weniger als 1—2 Proz. Kieselvegetation hervorrufen. CONTEJEAN ist der Meinung, dass die Grenze dort zu ziehen wäre, wo Brausen mit HCl auftritt. In den Vereinigten Staaten sollen nach HILGARD auf schwerem Ton mit 0,50 Proz. $CaCO_3$-Gehalt noch keine Kalkpflanzen gedeihen, auf leichtem Ton aber treten solche schon bei 0,25 Proz., und auf Sand bei 0,15 Proz. auf. Jeder Boden, der mehr als 0,75 Proz. $CaCO_3$ enthält soll Kalkpflanzen tragen. Diese Angaben (und mehrere andere liessen sich vorführen) verlieren allerdings sehr an Wert, wenn CONTEJEAN (1879) selbst bei den Versuchen seine Ansichten zu verteidigen behauptet, die meisten Si-Pflanzen könnten noch 4—5 Proz., die empfindlichen jedenfalls noch 2—3 Proz. $CaCO_3$ aushalten, und dass andererseits die Ca-Pflanzen noch mit ein paar Zehntel sogar Hundertstel Proz. $CaCO_3$ auskommen könnten. Tatsächlich sind, wie meine Analysen deutlich zeigen die Kalkpflanzen gar nicht von irgendwelchen, im Boden analytisch nachweisbaren $CaCO_3$-Mengen abhängig, sondern können ihre Lebensbedingungen ebensogut durch strömendes, $CaCO_3$-haltiges Wasser, durch Ca-Humate u. s. w. finden.

Die Angaben der pflanzengeographischen Kalkliteratur widersprechen sich oft, was zum Teil auf der bekannten Tatsache beruht, dass viele Pflanzen in verschiedenen Gegenden sich ganz verschieden zum Kalke verhalten.[1]) Aber auch innerhalb kleiner Gebiete wird bald das, was von dem einen als kalkhold oder kalkscheu erklärt worden ist, von dem anderen eher als indifferent betrachtet und umgekehrt. Zahlreiche Beispiele lassen sich aufzählen, wo diejenigen unserer einheimischen Pflanzen, welche wenigstens als kalkhold bezeichnet werden, auf einem Boden vorkommen, in welchem sich kein $CaCO_3$ vorfindet und der Gehalt an leichtlöslichem Kalk, wenigstens nach den Analysen zu schliessen, nicht grösser als irgend wo anders im Lande ist: *Aconitum septentrionale*[2]) wuchs nach den Analysen (Probe II S. 67) auf einem Boden mit 0,349 Proz. in der Mullschicht, 0,048 Proz. in der Moräne. *Orchis sambucinus*[2]), an seiner Nordgrenze ohne Zweifel kalkhold, wuchs (Probe XV S. 55) in einem Mullboden mit 0,40 Proz. CaO. Daselbst kam auch *Listera ovata* vor, die auch sonst (z.B. in Ingå, Nyland) ganz unabhängig von Kalkvorkommnissen gefunden wird. (Vergl. Probe XX S. 59 aus der Rhizosphäre von *Listera* mit 0,41 Proz. CaO im Mull). *Orchis incarnatus* kommt hier und da auf den

[1]) Vergl. z. B. VIERHAPPER.
[2]) Die Probe stammte aus der Rhizosphäre dieser Pflanze.

weiten Wiesen von Limingo vor, wo in der ganzen Gegend kein Kalkkarbonat gefunden worden ist, *Linum catharticum*[1]), *Ophioglossum vulgatum*, *Isatis tinctoria* u. s. w., die im Binnenlande oder in anderen Ländern kalkhold sind, gedeihen gut auf den kalkarmen Meeresständern, *Ophioglossum* ausserdem in Massen auf den karbonatfreien, neulich entblössten Ton- und Lehmböden am See Höytiäinen in Nord-Karelien u. s. w.

Andererseits werden auch als kalkscheu angesprochene Arten auf kalkreichem Boden gefunden. So sah ich z. B. in der Nähe von Dorpat in Estland *Rumex acetosella* auf einem mit $CaCO_3$-Kruste bedeckten Torf (p^H colorimetrisch 7,4) wachsen. (Vergl. auch Pesola S. 227). *Carex pauciflora*, die von Pesola unter den drei ausgesprochenen Kalkflüchtern, von Kotilainen als stark azidophil betrachtet wird, fand ich in Kaavi mit der Abundanz 3 in einem *Paludella*-Moor mit u. a. *Eriophorum latifolium* zusammen, wo der Torf in 10 cm Tiefe (Probe IX. S. 33) immerhin 1,30 Proz. CaO enthielt und die Reaktion p^H 5,6 war. Allerdings kann ich hier nicht behaupten, dass die untersuchte Probe genau aus der Rhizosphäre der fraglichen Pflanze stammte.

Solche s. g. Anomalien, die einem jeden Exkurrenten bekannt sind, werden häufig auf Konkurrenzverhältnisse zurückgeführt. In einigen Fällen kann dies vielleicht stich halten[2]), in den meisten beruhen sie aber darauf, dass *das Vorkommen oder Nichtvorkommen von Kalk* (ich meine natürlich nicht das vollkommene Fehlen) *an sich für die Pflanzen gleichgültig ist, wenn nur andere Bedingungen erfüllt werden.* Wir kommen hier auf die moderne Auffassung, die dem wahren Kalkfaktor beinahe jede Bedeutung abspricht.

Bevor wir auf diese Frage eingehen, ist aber zu betonen, dass der leichtlösliche Kalk, wollen wir das Ca-Ion sagen, ganz unabhängig von den Reaktions- und anderen Verhältnissen für die Pflanzen eine Rolle spielen kann, obwohl diese Umstände noch sehr unklar sind. Ich denke hier nicht an die einfache Nährwirkung, sondern daran, dass dieses Ion dank seiner grossen Adsorbierbarkeit und seinen entgiftenden Eigenschaften die Adsorptionsverhältnisse an den Wurzeln und die Aufnahme und Abgabe verschiedener Stoffe beeinflussen kann.

In der Praxis dient der Kalk als Schild für eine gewisse, aber bei weitem nicht konstante Faktorenkonstellation. Die Folge ist, dass da, wo eine solche Konstellation eine Vegetation vom besonderen Typus hervorruft, man gerne vom Kalk spricht, auch wenn Kalkkarbonat nicht vorhanden ist. Zu diesen Faktoren, die oft mit dem Vorkommen von karbonatischem Kalk zusammen-

[1]) Vergl. Cajander (1909 a).

[2]) Die Bedeutung des Konkurrenzfaktors im Kalkproblem wird neulich von Zollitsch stark bezweifelt.

hängen, zählen sowohl physikalische als chemische, biotische als abiotische[1]). Ich möchte sie unter dem Namen *Kalkfaktorenkomplex* zusammenfassen, nicht weil der Kalkfaktor selbst der wichtigste wäre (was ja entschieden nicht der Fall ist), sondern ausschliesslich, weil er am meisten auffällt. Es sind, um nur die wichtigsten zu erwähnen; eine höhere Bodenwärme; Krümelstruktur und damit folgende günstige Durchlüftungs- und Bewässerungsverhältnisse; eine nur schwach saure, neutrale oder schwach alkalische, dabei gegen Säuren wenig nachgiebige Reaktion; schnelle mikrobiologische Veratmung der C-Verbindungen; gute Stickstoff-fixierung und glatte Umwandlung der N-Verbindungen in Ammoniumsalz und Nitrat[2]). Als ungünstiger Faktor könnte noch erwähnt werden, dass andere Mineralnährstoffe, vor allem das Kalium, ausgetrieben und leicht wegtransportiert werden, weshalb die Ca-reichen Böden in humiden Gebieten, wie auch meine Analysen zeigen, oft arm an leichtlöslichem K sind. Alle diese Faktoren können mehr oder weniger zahlreich vertreten und in verschiedener Kombination auch ohne den eigentlichen Kalkfaktor auftreten. Man kann sich die Sache so vorstellen, dass die wirklich kalksteten Pflanzen die bis auf den Kalk selbst vollständige Konstellation verlangen, die kalkholden kämen auch mit mehr oder weniger defekten Faktorengruppen zurecht u. s. w. *Der für die meisten Pflanzen wichtigste »Kalkfaktor» ist ohne Zweifel die verhältnismässig neutrale und stabile Reaktion*, welcher sich ausserdem gewöhnlich die schwerwiegenden mikrobiologischen Faktoren anschliessen. Wir wollen deshalb und um das Problem zu vereinfachen die Bodenreaktion als Representanten für den ganzen Kalkfaktorenkomplex herausnehmen und sie etwas näher besprechen.

Bekanntlich hängt die Reaktion im Grossen mit den klimatischen Bodentypen zusammen. In südlichen ariden Gebieten sind die Böden in der Oberfläche elektrolytreich und überwiegend neutral oder alkalisch und stabil. In solchen Ländern und noch in semiariden Gebieten ist die Kalk- und gleichzeitig die Reaktionsfrage wenig aktuell.[3]) Die Mehrzahl der Pflanzen, die dort vorkommen, wachsen mit und ohne Kalkkarbonat d. h. sind indifferent. Nur in den Gebirgen und an Felsen von silikatischen Gesteinsarten tritt, wegen der Pufferarmut des Gesteins oder Auslaugung, Ansäuerung auf. Die Gruppen »Kieselpflanzen», »Kalkpflanzen» u. s. w. sind gegeben. Die Arten, die eine neutrale Reaktion bezw. einen annähernd vollständigen Kalkfaktorenkom-

[1]) Vergl. z. B. Brenner (1927 b).

[2]) Diese Faktoren finden sich mehr oder weniger ausgeprägt in den Braunerde- und Mullpodsolprofilen, die bei uns in kalkreichen Gegenden häufig sind.

[3]) So findet z. B. Braun-Blanquet (1924) in der »Garigue» von Languedoc sämtliche untersuchte, auch einige verhältnismässig kalkarme Böden, annähernd neutral (p^H 6,2—7,2) und die Pflanzenassociationen richten sich nach anderen Faktoren.

plex verlangen, können sie nur auf $CaCO_3$-haltigen Felsen oder jungen $CaCO_3$-Böden finden. Deshalb ist unter den Felsenbewohnern die Zahl kalksteter Pflanzen z. B. Moose und Flechten, sowohl südlicher als bei uns, verhältnismässig gross. (Siehe z. B. das Verzeichnis bei VON LINSTOW S. 41). Auch die übrigen Pflanzen zeigen in den niederschlagsreichen und durch häufige saure Standorte gekennzeichneten Gebirgsgegenden die grösste Abhängigkeit vom Kalke, wogegen die anderen, physikalischen Eigenschaften des Bodens stark zurücktreten (Vergl. z. B. VOGLER, BRAUN-BLANQUET u. JENNY). Weiter gegen Norden wird der Boden mit der zunehmenden Humidität des Klimas immer mehr ausgelaugt und die saure Humusbildung gewinnt an Terrain. Die neutralen Standorte ohne Kalk werden immer seltener, die neutrophilen Pflanzen immer kalkholder.[1]) Besonders in den nordischen Gebirgsgegenden ist die Zahl der kalksteten Arten gross (Siehe TH. C. E. FRIES). Aber auch relativ nördlich und innerhalb kleinerer Gebieten kann die Einwirkung des Klimas auf die Kalkstetigkeit der Pflanzen sehr deutlich hervortreten. In niederschlagsarmen Gegenden von Süd-Schweden (Småland) begegnen uns, wie STERNER (1922) gezeigt hat, kontinentale, offenbar mehr oder weniger neutrophile Pflanzen bisweilen mit, bisweilen auch ohne dass $CaCO_3$ in den oberen Bodenschichten vorhanden ist. Dagegen werden ähnliche anspruchsvolle Arten in einem naheliegenden, humiden Gebiete ausgesprochen kalkhold. (STERNER (1921), vergl. auch PESOLA S. 225). Die Kalkfrage drängt sich sehr dem Beobachter in Ländern, wie Finnland, auf, wo die neutralen Kalkstandorte selten und weit auseinander in einem sonst überwiegend sauren Gelände vorkommen.

Die allbekannte Tatsache, dass viele Pflanzen an ihren Nordgrenzen kalkhold werden, ist dadurch erklärt worden, dass sie die Wärme des Kalkes aufsuchen. *Ich glaube ein wichtigerer Umstand liegt darin, dass diese Arten neutrophil sind und im Norden ihren notwendigen Faktorenkomplex nunmehr nur oder vorwiegend mit Hilfe des Kalkes finden können.* Wahrscheinlich sind ausserdem ihre Ansprüche auf eine neutrale Reaktion bei der ungünstigen Gestaltung der klimatischen Faktoren mehr kategorisch.

Immerhin gibt es ja auch in Finnland eine ganze Menge von Möglichkeiten, eine neutrale oder schwach saure, beständige Reaktion zu finden ohne dass Kalciumkarbonat im Boden nachweisbar zu sein braucht. Wir wollen sie etwas näher untersuchen und nachsehen, inwieweit sie zur Erklärung der beschriebenen s. g. kalkbegünstigten Vegetationstypen dienen können.

[1]) Vergl. auch BRAUN-BLANQUET (1928 S. 155).

Überblicken wir die Standorte der s. g. kalkbegünstigten Pflanzengesellschaften, die in dieser Arbeit untersucht worden sind, so finden wir, dass verhältnismässig wenige festes $CaCO_3$ enthalten haben. Es waren (ausser Moose und Flechten beherbergenden Felsen) nur der Dolomitverwitterungsgrus (VII, S. 80) und der Mergelton (VI, S. 50), die $CaCO_3$ in so geringer Tiefe enthielten, dass die Wurzeln der Gräser und Kräuter sicher damit in Berührung kamen. Ausserdem können einige neutrale, gesättigte Torf und Mullböden (z. B. N:o IV, S. 77) $CaCO_3$ in geringer Menge enthalten haben. Hinsichtlich der übrigen gaben die Analysen entschieden negative Ergebnisse.

Nichtsdestoweniger können solche Böden kalkreich und neutral sein. Ca-Humat oder die mit Ca mehr oder weniger gesättigten Humusstoffe wirken in vielen Hinsichten wie das Ca-Karbonat. Nur sind sie auch im CO_2-gesättigten Wasser viel weniger löslich, also schwerer wegtransportierbar. Sie setzen sich mit Säuren um und dienen als gute Puffer. (Siehe die Titrierungskurven in den Figg. 2, 3, 4, 9 u. 10). Die Reaktion solcher Humusböden steht in keiner strengen Beziehung zum Ca-Gehalte. Sie ist nämlich teils von den säurebildenden, teils von den neutralisierenden Prozessen abhängig (vergl. Warén, Kotilainen u. a.). Beispiele solcher Abweichungen sind früher (S. 42) gegeben worden. Jedoch ist das gewöhnlichste, dass Humusböden mit höherem Ca-Gehalt auch mehr gesättigt und infolge dessen weniger sauer sind.

Die Fähigkeit der Mineralböden, eine stabile, relativ neutrale Reaktion hervorzurufen und eine s. g. Kalkwirkung auszuüben beruht in erster Linie auf ihrem Vermögen durch Verwitterung lösliche Salze, hauptsächlich Ca-Salze zu liefern. Hier ist sowohl die chemische Zusammensetzung als die Körnchengrösse von Bedeutung. Wie ich schon früher hervorgehoben habe, spielt das $CaCO_3$ in den Mineralböden des finnländischen Festlandes die kleinste Rolle, weil dieses, wenn ursprünglich im Muttergestein vorhanden, wenigstens aus der Feinerde ausgelaugt worden ist.[1]) Es kommt lediglich auf relativ leichtlöslichen, silikatischen Kalk und andere Elektrolyten an, die sich mit den sauren Humusstoffen verbinden und milde Mullböden hervorrufen können. Die Bedeutung der mineralischen Zusammensetzung der Moränen für die Vegetation haben viele Autoren hervorgehoben. In Schweden teilt sie Tamm (1921) in Kategorien verschiedener Kalkwirkung. Bei uns hat Saxén mit Hilfe von Pettersons Vegetationsaufzeichnungen auf das Zustandekommen von laubwiesenartigen Vegetationstypen in den Amphibolitgebieten von Terjärv im mittleren Österbotten aufmerksam gemacht, und ähnliche Beobachtungen lassen sich auch in anderen Gegenden anstellen. Offenbar ist weiter, dass der Reichtum eines Bodens an feinkörnigem Material seine Kalkwirkung vergrössern wird. Dies geschieht hauptsächlich durch

[1]) Einer anderen Meinung ist Saxén, der glaubt, die Kalkwirkung der Amphibolitmoräne beruhe zum Teil auf einem Karbonatgehalt.

vermehrte Löslichkeit, vielleicht auch durch die s. g. Adorptionspufferung (Brenner 1924a), bei der die Kolloide unabhängig von ihrer chemischen Zusammensetzung H-Ionen adsorbieren. So kommt den neutralen, schweren Tonböden, die auf dem Festlande immer karbonatfrei sind, eine erhebliche Kalkwirkung zu, die sich oft im Vorkommen kalkbegünstigter Pflanzen (z. B. *Tussilago farfara, Listera ovata, Ophioglossum vulgatum* u. a.) äussert. Neutrale Tonböden rufen, wenn sie etwas kupiert sind, im allgemeinen wiesenwaldartige Pflanzengesellschaften hervor. Die Kalkwirkung aller Böden wird nämlich ganz natürlich, wie z. B. Tamm (1921) ausdrücklich betont, in den Abhängen durch das bewegliche Bodenwasser verstärkt. Aber auch auf feuchten, aus Glacialton gebildeten Ebenen treten Braunmoose, unter ihnen bisweilen ziemlich stark kalkbegünstigte Arten (z. B. *Hypnum trichoides*) als Torfbildner auf. Erst wenn der Torf mächtiger wird, kann er in den oberen Schichten stark sauer werden. In glacialen Tonböden kann der Gehalt an leichtlöslichem Kalk ziemlich hoch sein (0,4—0,6 Proz.), obwohl von $CaCO_3$ keine Rede ist.

In diesen Fällen wird die neutrale Reaktion im Humus durch Neutralisation aufrecht erhalten. Andererseits kann ein Boden nur deshalb neutral sein und bleiben, weil die säurebildenden, mikrobiologischen Prozesse gehemmt sind oder gar nicht stattfinden können. Dies dürfte oft für trockne, der Sonne exponierte s. g. xerotherme Standorte gelten, wo die »Kalkfaktoren» neutrale Reaktion und Wärme genügen, um kalkbegünstigte Pflanzen gedeihen zu lassen. (Vergl. Kraus). In unseren, im Sommer relativ niederschlagsarmen Schärenhöfe findet man häufig solche trockne Südabhänge, die einige Seltenheiten, teilweise auch kalkbegünstigte Arten beherbergen. Ebenso verhalten sich die »Riutta»-Berge (S. 71).

Wir kommen jetzt zu einem, für die Beleuchtung der Kalkfrage sehr wichtigen Faktor, das bewegliche Bodenwasser. Es ist ja offenbar, dass in Gegenden, wo $CaCO_3$ in den umgebenden Gesteinen oder Bodenarten zu finden ist, die Bodenflüssigkeit beträchtliche Mengen vom sauren Karbonat enthalten kann. Ob die Pflanzen das $CaCO_3$, wie auch die übrigen Mineralstoffe aus ihrer eigenen Rhizosphäre gelöst oder von anderen Stellen herantransportiert bekommen, ist ihnen offenbar vollkommen gleichgültig. Edaphische Standorte ohne im festen Boden nachweisbares $CaCO_3$ können also ebenso ausgeprägte karbonatische Standorte sein wie andere. (Vergl. u. a. Cedergren (1925). Zu dieser Kategorie möchte ich die åländischen *Sesleria*-Standorte, die *Cypripedium*-Standorte, sowie einige Moor- und Moorwiesen-Standorte auf abfallendem Boden oder an den Rändern der Moore zählen.

Aber auch ohne dass die bewegliche Bodenflüssigkeit $CaCO_3$ enthält, ist ihre Bedeutung für das Aufrechterhalten einer relativ neutralen Reaktion und für das Gedeihen der Pflanzen sehr gross. Sie enthält nämlich immer Sauerstoff und wichtige Pflanzennährstoffe. Die Humusbildung wird in einer günstigen Richtung beeinflusst. Es kommen meist nur mässig saure Mullböden zustande, wo die mikrobilogischen Umsetzungen z. B. die Nitrifizierung gut verlaufen. Hierüber hat Hesselman (1917) eingehend berichtet. Es entsteht also ein unvollständiger Kalkfaktorenkomplex, der aber einigen s. g. kalkbegünstigten Vegetationstypen genügen kann. Es gehören hierzu die Gras- und Krautgesellschaften an Bachläufen und Quellen, die hochkrautreichen (*Geranium*-) Wälder an frischen Abhängen. Auch die *Aconitum*-Wälder von Ladoga-Karelien werden meiner Ansicht nach hauptsächlich durch sauerstoff- und nahrungsreiches Bodenwasser und die günstigen Eigenschaften der entstandenen Mullböden bedingt. Wohl kann dieses Wasser in Geländen, wo Felsen von Dolomit oder anderen karbonathaltigen Gesteinen vorkommen, etwas tiefer im Mineralboden auch Karbonat enthalten. Andererorts dürfte dies nicht zutreffen, und jedenfalls kann das Wasser, das durch die Mullschicht fliesst, kein Karbonat enthalten, weil die Reaktion hier recht erheblich sauer ist. Die Ca-Gehalte sind aber trotzdem ziemlich hoch.

Das bewegliche Bodenwasser ist ohne Zweifel ein ausserordentlich wichtiger komplexer Faktor, den man aber bei ökologischen Untersuchungen nur schwer näher verfolgen und beurteilen kann. Er macht aber die Ergebnisse der chemischen Bodenanalysen, gleichgültig was für Lösungsmittel man verwendet, illusorisch, weil die Pflanzen auf diesem Wege ganz unabhängig von den in der Rhizosphäre zu findenden leichtlöslichen Nährstoffen, von anderswo reichliche Mengen erhalten können. Untersuchungen über den Ca-Gehalt des Bodenwassers wären sehr erwünscht, sind aber schwer anzustellen und müssten eigentlich über die ganze Vegetationsperiode ausgedehnt werden. Einige Analysen von Wasser aus gegrabenen Löchern, aus Quellen und Bächen werden von Hesselman (1926 S. 532) mitgeteilt.

Noch kräftiger neutralisierend als das mineralstoffreiche Bodenwasser wirkt selbstverständlich das Meereswasser, wo es zeitweise die salinen und suprasalinen Strandgürtel benetzt und auf exponierten Küsten als vom Winde verwehte Tropfen noch in der supralitoralen Zone wirken kann. Hierauf beruht offenbar das Auftreten von s. g. Kalkpflanzen am Meeresstrande.

Inwieweit die Pflanzen selbst sich einen stabil-neutralen d. h. einen mehr oder weniger ausgeprägten »Kalkstandort» aufbauen können, ist eine interessante Frage, die teils mit der Art der Pflanze, teils mit den Eigenschaften,

vor allem der Pufferung des Bodens zusammenhängt. Die Förna-arten, die von den verschiedenen Pflanzenarten geliefert werden, sind ja in Hinsicht auf ihren Kalkgehalt und ihre übrige Zusammensetzung verschieden. Einige sind mehr für Umwandlung in saurer, andere in relativ neutraler Richtung geeignet. Für die Bildung von relativ neutralem Mull, ist nach HESSELMAN (1926) die Förna der Laubbäume günstig, unter ihnen besonders die der Erlen, welche auch als Bodenverbesser nunmehr ziemlich allgemein anerkannt sind. Wahrscheinlich hat die Grauerle zur Schaffung der »Kalkstandorte» der *Aconitum*-reichen *Alnus incana*-Wälder (N:o III, IV, V u. VI S. 69—70) und des Wiesenwaldes der Brandkulturfläche (N:o III S. 76) kräftig beigetragen. In Schweden haben ja HALDEN und HÅRD AV SEGERSTAD darauf aufmerksam gemacht, dass alte Laubvegetation für sich schon »Kalkstandorte» hervorrufen kann. Auf pufferarmen Böden (und solche sind ja unsere sandige Moränen überhaupt) dürfte die Art der sich zuerst ansiedelnden Vegetation ausschlaggebend sein. Die gewöhnlichen Flechten, Moose, Zwergsträucher und später Nadelbäume liefern, wie bekannt, sauren Rohhumus. Finden sich aber, wie oft nach dem Schwenden geschieht, Gräser und Kräuter und nach ihnen Laubbäume, besonders die Grauerle ein, so sind die Aussichten für die Bildung und den Fortbestand des milden Humus gegeben.

Es sieht jedoch aus, als ob die Qualität der Förna nicht immer das wichtigste wäre. Die weitere Bearbeitung des Materials wird ja von verschiedenen Mikroorganismen übernommen, deren Art und Gedeihen auch bestimmen können, ob aus dem Streu ein milder Mull oder saurer Rohhumus werden soll. Ich erinnere an das klassische Beispiel von P. E. MÜLLER, nach dem das Streu der Buche sich auf gleichem Boden bald in Mull, bald in Rohhumus umsetzen kann. Ohne eine *neutrogene* Mikrobenflora wäre wohl auf stark saurem Mineralboden das Zustandekommen des neutralen Torfes, der auf der Wiese in Töfsala (N:o IX S. 51) *Primula farinosa* gedeihen lässt, kaum zu verstehen. Der etwas höhere Ca-Gehalt kann hier nicht auf primären Ursachen beruhen, sondern entsteht offenbar dadurch, dass die neutrale Reaktion die Auflösung und den Wegtransport des, in den Pflanzenresten angehäuften und sich durch schnelle Vermoderung immer mehr anhäufenden Kalkes verhindert. — Gewöhnlich arbeiten aber die Mikroorganismen in humiden Gebieten, wie unsere, in saurer Richtung, sind also *acidogen*, vorausgesetzt, dass sie nicht durch lokale Trockenheit, Insolation u. s. w. gestört werden, oder dass ihre sauren Produkte vom Mineralboden her einer dauernden Neutralisation ausgesetzt werden.

Wir haben oben die schwach saure oder neutrale Reaktion als wichtigsten aller Kalkfaktoren bezeichnet. Durch Kulturen ist ja zur Genüge bewiesen (Olsen, Mevius (1921) u. a.), dass es tatsächlich sowohl acidophile als auch mehr oder weniger neutrophile Arten gibt, und ihre Amplituden werden im Freien durch den Konkurrenzkampf wahrscheinlich noch enger gemacht. So empfindlich gegenüber der Reaktion, wie manche Autoren glauben, sind aber die Pflanzen offenbar nicht, und die Zahl derer ist sehr gross, die eine weite Amplitude besitzen und deshalb auch in dieser Meinung mehr oder weniger indifferent sind (vergl. Olsen, Kotilainen u. a.). Der Reaktionsfaktor ist ja innerhalb der optimalen, weiteren oder engeren Amplitude bedeutungslos. Eine weite Amplitude müssen alle Arten besitzen, die in pufferarmen Böden, z. B. reinen Silikatsanden wurzeln, weil sie hier grossen Schwankungen in der p^H ausgesetzt sein können; weiter auch alle Pflanzen z. B. Bäume, deren Wurzel in mehr als einer Bodenschicht sich verbreiten, deren verschiedene Schichten durch verschiedene Reaktionszahlen gekennzeichnet sind. Der Unterschied zwischen der obersten und tiefsten Schicht des gewöhnlichen Podsolprofils beträgt ja nicht selten mehrere p^H-Einheiten (3,5—6,8). Eine Ausnahme können auch solche Arten bilden, welche sich sonst stenotop gegen die Bodenreaktion, z. B. neutrophil verhalten, was natürlich darauf beruht, dass *eine ungünstige Reaktion ebensogut wie alle übrigen Faktoren im gewissen Grade durch andere, günstige kompensiert werden kann.* (Siehe z. B. die ausgezeichnete Schrift Romells). Neulich hat Åslander gezeigt, dass die Pflanzen beim grösseren Gehalte an Nährstoffen im Boden höhere H-Ionenkonzentrationen auszuhalten vermögen, was offenbar mit einer antagonistischen Wirkung der Elektrolyte zusammenhängt. Selbst fand ich einmal die neutrophile Zuckerrübe auf einem gut gedüngten Torfe bei p^H 5,0 gedeihen. Dem Agrikulturchemiker kommen solche Fälle oft vor Augen. Besonders sieht es aus, als ob eine saure Reaktion im Torfe nicht so gefärlich wäre. — Als solche Anomalien kommen vielleicht die Vorkomnisse von *Aconitum* auf p^H 5,0—5,1 (Analysen IV—VI a S. 70) und *Orchis sambucinus* auf p^H 5,0 (Analyse XVa S. 55) in Betracht. An diesen Stellen könnte man sich strömendes, nahrungs- und sauerstoffreiches Wasser als Kompensation denken. Andererseits waren es vielleicht dieselben günstigen Umstände, die der stark acidophilen *Carex pauciflora* ermöglichten, mit einer so hohen p^H wie 5,6 (Analyse IXa S. 33) auszukommen.

Man kann sich also denken, dass ein unvollständiger »Kalkfaktorenkomplex» auch ohne die relativ neutrale Reaktion bestehen kann, denn die verschiedenen Einzelfaktoren sind im allgemeinen nicht fest an einander gebunden. Dies gilt auch für die mikrobiologischen Faktoren. Zwar habe ich bei meinen Versuchen nie Nitrifizierung in jungfräulichen Böden unter p^H 5,0 bekommen; aber durch andere Forscher, Hesselman (1917), Weis u. a. ist

eine solche sogar in stark sauren Böden sicher festgestellt worden und soll nach GAARDER und HAGEM (1923) von besonderen Bakterienarten bewirkt werden. Auch die N-Fixierung ist nach meiner Erfahrung (BRENNER 1927 c) hauptsächlich in neutralen oder relativ wenig sauren Böden zu finden, aber mit Sicherheit muss sie auch in ausgesprochen sauren Böden erwartet werden.

So finden wir also, dass die Kalkfrage, ebenso wenig wie irgendein anderes ökologisches Problem, sich aus dem Studium eines einzigen Faktors beurteilen lässt, sondern die Beachtung einer Menge von Faktoren verlangt, durch deren Zusammenwirken in verschiedenen Kombinationen das, dem Exkurrenten auffallende Ergebnis zustande kommt.

Literaturverzeichnis.

AALTONEN, V. T. (1925): Über den Aziditätsgrad des Waldbodens. Communicationes ex instituto quaestionum forestalium Finlandiae editae. Bd. 9. Helsingfors.

—»— (1926): Über die Umsetzungen der Stickstoffverbindungen im Waldboden. Communicationes ex instituto quaestionum forestalium Finlandiae editae. Bd. 10. Helsingfors.

AARNIO, B. (1920): Om de finska jordmånernas kalkhalt. Geol. Komm. i Finland Geotekniska meddel. N:o 27. Helsingfors.

ARRHENIUS, O. (1920): Ökologische Studien in den Stockholmer Schären. Diss. Stockholm.

—»— (1926): Kalkfrage, Bodenreaktion und Pflanzenwachstum. Leipzig.

BERGHELL, H. (1904): Beskrivning till jordartskartan. Sektionen D 2 Nyslott. Geologiska kommissionens geologiska översiktskarta öfver Finland. Helsingfors.

BJERRUM, N. OG GJALDBAEK, J. K. (1919): Undersøgelser over de Faktorer, som bestemmer Jordbundens Reaktion. Den Kongelige Veterinaer- og Landbohøjskole Aarsskrift. København.

BRAUN-BLANQUET, J. (1924): Études sur la végétation méditerranéenne III. Concentration en ions H et calcimétrie du sol de quelques associations de la garigue languedocienne. Bull. soc. bot. de France, Tome XXIV p. 639 et. 879.

—»— (1928): Pflanzensoziologie. Berlin.

—»— U. JENNY, H. (1926): Vegetations-Entwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. Denkschr. d. schweizer. naturf. Ges. Bd. LXIII, 2. Zürich.

BRENNER, WIDAR (1921 a): Studier över vegetationen i en del av västra Nyland och dess förhållande till markbeskaffenheten. Fennia 43, N:o 2., u. Geol. Komm. i Finland Geotekniska meddel. N:o 32. Helsingfors.

—»— (1921 b): Några synpunkter och försök vid bedömandet av jordens bördighet. Nordisk Jordbrugsforskning. København 1922.

—»— (1922 a): Undersökningar över jordens vätejonkoncentration och dess betydelse för bördigheten. Lantbruksveckans handlingar, Stockholm.

—»— (1922 b): Markens reaktion som ekologisk faktor. (Vortragsreferat). Soc. pro faun. et flora fenn. Meddel. 49. Helsingfors 1925.

—»— (1924 a): Über die Reaktion finnländischer Böden. Geol. Komm. i Finland, Agrogeol. meddel. N:o 19, u. Comité internat. de Pédologie, IV Comm. Helsingfors.

—»— (1924 b): *Azotobacter* in finnländischen Böden. Geol. Komm. i Finland. Agrogeologiska meddel. N:o 20. Helsingfors.

Brenner, Widar (1926 a): Untersuchungen über die Bodenreaktion in Finnland. Verhandl. d. 2 Komm. d. int. bodenkundl. Ges. Teil A. Groningen.
—»— (1926 b): Om kvävets fixering i finländska jordar. Nordisk Jordbrugsforskning, København.
—»— (1927 a): Odlingsjordarnas reaktion i Finland. Bull. agrogeological inst. of Finland N:o 21. Helsingfors.
—»— (1927 b): Der Standort und die ökologischen Faktoren. Botaniska Notiser, Lund.
—»— (1927 c): Über Stickstoffbindung durch frei lebende Mikroorganismen im Boden. Int. Soc. of. Soil Science, Proceedings. Washington.
Cajander, A. K. (1909 a): Beiträge zur Kenntniss der Vegetation der Alluvionen des nördlichen Eurasiens. III. Die Alluvionen der Tornio- und Kemi-Thäler. Acta soc. scient. fenn. Tom XXXVII, Helsingfors.
—»— (1909 b): Ueber Waldtypen. Acta forestalia fennica Bd. 1. Helsingforsiae 1913.
—»— (1913): Studien über die Moore Finnlands. Acta forestalia fennica 2, Helsingforsiae.
Cedercreutz, C. (1927): Studien über Laubwiesen in den Kirchspielen Kyrkslätt und Esbo in Südfinnland. Acta botanica fennica 3. Helsingforsiae.
Cedergren, Gösta R. (1925): Om floran i Norrbärke socken i Dalarnes Bergslag och dess förhållande till kalken. Botaniska Notiser, Lund.
Chodat, F. (1924): La concentration en ions hydrogéne du sol et son importance pour la constitution des formations végétales. Thèse, Genève.
Christophersen, E. (1925): Soil reaction and plant distribution in the Sylene national park, Norway. Transactions of the Connecticut academy of Arts and sciences. Vol. 27. New Haven, Conn.
Clark, W. M. (1928): The determination of hydrogen ions. Baltimoore.
Contejean, Ch. (1874—75): De l'influence du terrain sur la végétation. Ann. des sc. nat. Serie botanique V Tome XX p. 266 et. VI Tome II p. 222. Paris.
—»— (1879): Pourquoi l'on rencontre quelquefois les plantes du calcaire associées à celles de la silice. Compt. rend. Tome LXXXVIII, p. 872. Paris.
Du Rietz, G. E. (1921): Zur methodologischen Grundlage der modernen Pflanzensoziologie. Akademische Abhandlung. Uppsala u. Wien.
Eskola, P., Hackman, V., Laitakari, A. och Wilkman, W. W. (1929): Kalkstenen i Finland. Geologiska kommissionens i Finland Geotekniska medd. N:o 21. Helsingfors.
Frank, E. (1927): Über Bodenazidität im Walde. Diss. Freiburg.
Fries, Thore C. E. (1925): Die Rolle des Gesteinsgrundes bei der Verbreitung der Gebirgspflanzen in Skandinavien. Svenska växtsociologiska sällskapets handlingar. Uppsala.
Frosterus, Benj. (1928): De finska kalkstensfyndigheterna och deras betydelse för jordbruket. Bulletin of the agrogeological institution of Finland N:o 24. Helsingfors.
Gaarder, T. u. Hagem, O. (1921): Salpetersyredannelse i udyrket jord. Medd. fra Vestlandets forstlige forsøksstation. Bergen.
—»— (1923): Nitrifikation in sauren Lösungen. Bergens Museums Aarsbok, Naturvidensk. Raekke N:o 1.
Gillespie, L. J. (1916): The reaktion of soil and measurements of hydrogen ion concentration. J. Wash. Acad. Sci. Vol. VI N:o 1.

HALDEN, BERTIL E. (1920): Om de norrländska skalbankarnas växtgeografiska betydelse. Svensk botanisk tidskrift. Bd. 14.

HESSELMAN, H. (1904): Zur Kenntniss des Pflanzenlebens schwedischer Laubwiesen. Beihefte z. Bot. Centralbl. XVII.

—»— (1917): Studier över salpeterbildningen i naturliga jordmåner och dess betydelse i växtekologiskt avseende. Medd. fr. Statens skogsförsöksanstalt, 13—14. Stockholm.

—»— (1926): Studier över barrskogens humustäcke, dess egenskaper och beroende av skogsvården. Medd. fr. Statens skogsförsöksanstalt, 22. Stockholm.

HILGARD, E. W. (1888): Ueber den Einfluss des Kalkes als Bodenbestandtheil auf die Entwickelungsweise der Pflanzen. Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik herausgegeben von E. Wollny. Bd. X, Heidelberg.

HUDIG, J. EN STURM, W. (1919): Het meten van Waterstof-ionen-concentraties in bodemextracten en bodemsuspensies. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen der Rijkslandbouwproefstation N:o XXIII, Gravenhage.

HÅRD AV SEGERSTAD, F. (1924): Sydsvenska florans växtgeografiska huvudgrupper. Malmö.

KELLEY, A. P. (1923): Soil acidity, an ecological factor. Soil science 16.

KOTILAINEN, M. J. (1928): Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Pflanzendecke der Moore und der Beschaffenheit, besonders der Reaktion des Torfbodens. Wissenschaftliche Veröffentlichungen des finnischen Moorkulturvereins N:o 7. Helsingfors.

KRAUS, G. (1911). Boden und Klima auf kleinstem Raum. Jena.

KULLING, O. (1926): Nya data till Ålands geologi II. Den nyupptäckta östersjökalken i Lumparfjärden. Geol. fören. Stockholm förhandl. Bd. 48, S. 503.

KURZ, H. (1923): H-conc. in relation to ecological factors. Bot. Gaz. 76.

LINKOLA, K. (1916): Studien über den Einfluss der Kultur auf die Flora in den Gegenden nördlich vom Ladogasee. Acta soc. pro fauna et flora fenn. Bd. 45. Helsingfors.

v. LINSTOW, O. (1929): Bodenanzeigende Pflanzen. Abhandlungen der preussischen geologischen Laudesanstalt. Berlin.

LUNDBLAD, K. (1924): Ett bidrag till kännedom om brunjords- och mulljordstypens egenskaper och degeneration i södra Sverige. Medd. fr. Statens skogsförsöksanstalt 21. Stockholm.

LUNDEGÅRDH, H. (1925): Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. Jena.

MELIN, E. (1917): De norrländska myrmarkernas vegetation med särskild hänsyn till deras skogsvegetation efter torrläggning. Norrländskt Handbibliotek VII, Uppsala.

METZGER, ADOLF A. TH. (1927): Zur Kenntnis des nordbaltischen Kambro-Silurs auf Åland und im südwestlichen Küstengebiet Finnlands. Fennia Bd. 47. Helsingfors.

MEVIUS, W. (1921): Beiträge zur Physiologie »kalkfeindlicher» Gewächse. Jahrb. wiss. Bot. Bd. 60, S. 147.

—»— (1927): Reaktion des Bodens und Pflanzenwachstum. Naturwissenschaft u. Landwirtschaft. Heft. 11. Freising-München.

Müller, P. E. (1887): Studien über die natürlichen Humusformen und deren Einwirkung auf Vegetation und Boden. Berlin.

Nemec, A. u. Kvapil, K. (1924): Biochemische Studien über die Azidität der Waldböden. Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen, Bd. 56. S. 323.

Olsen, C. (1921): Studier over Jordbundens Brintionkoncentration og dens Betydning for Vegetationen, saerlig for Plantefordelningen i Naturen. Medd. Carlsberg Lab. 15. København.

Palmgren, A. (1915—16): Studier öfver lövängsområdena på Åland I—III. Acta soc. pro fauna et flora fenn. 42. Helsingfors.

—»— (1921): Die Entfernung als pflanzengeographischer Faktor. Acta soc. pro fauna et flora fenn. 49. Helsingfors.

Pesola, Vilho A. (1928): Kalsiumkarbonaatti kasvimaantieteellisenä tekijänä Suomessa. Annales soc. zoolog-botanicae Fennicae Vanamo, Tom. 9, N:o 1. Helsinki.

v. Post, L. (1924): Das genetische System der organogenen Bildungen Schwedens. Comité internat. de Pédologie, IV Comm. N:o 22. Helsingfors.

Raunkiaer, C. (1922): Forskellige Vegetationstypers forskellige indflydelse paa Jordbundens Surhedsgrad (Brintionkoncentration). Kgl. danske Videnskabernes Selskab, Biologiske Medd. III, 10. København.

Romell, L.-G. (1926): Über das Zusammenwirken der Produktionsfaktoren. Jahrb. wiss. Bot. Bd. 65.

Roux J. A. (1900): Traité historique, critique et experimental des rapports des plantes avec le sol et de la chlorose végétale. Montpellier et Paris.

Rühl, A. (1928): Untersuchungen über die Humusazidität einiger Süd-Estländischer Wälder. Sitzungsberichte der Naturforscher-Gesellschaft Bd. XXXV, 3—4. Dorpat.

Salisbury, E. J. (1922): The soil of Blakeney-Point. A Study of soil reaction and succession in relation to the plant covering. Ann. of. Botany, vol. XXXVI.

Saxén, M. (1928): Über den Einfluss des Gesteinsgrundes auf die Vegetation. Beobachtungen aus einem Moränengebiet im mittleren Österbotten. Fennia, Bd. 50. Helsingfors.

Sharp, L. T. and Hoagland, D. R. (1916): Acidity and adsorption in soil as measured by the hydrogen elektrode. J. Agr. Res. Vol. 7.

Sterner, R. (1921): Floran på orthocerkalken vid Humlenäs i Kristdala socken i Kalmar län. Botaniska Notiser, Lund.

—»— (1922): The continental element in the flora of South Sweden. Geografiska Annaler, Stockholm.

Tamm, O. (1917): Bidrag till kännedom om kalkens urlakning ur den jämtländska skogsmarken. Skogshögskolans festskrift, Stockholm.

—»— (1921): Om berggrundens inverkan på skogsmarken. Medd. fr. Statens skogsförsöksanstalt, 18. Stockholm.

Thurmann, J. (1849): Essai de phytostatique appliquée, à la chaine de Jura et aux contrées voisines ou Étude de la dispersion des plantes vasculaires envisagée principalement quant à l'influence des roches soujacentes. Berne.

Unger, F. (1836): Ueber den Einfluss des Bodens auf die Verteilung der Gewächse, nachgewiesen in der Vegetation des Nord-östlichen Tirols. Wien.

VIERHAPPER, F. (1921): Die Kalkschieferflora in den Ostalpen. Österr. bot. Zeitschr. Bd. LXX u. LXXI.

VOGLER, P. (1901): Beobachtungen über die Bodenstetigkeit der Arten im Gebiet des Albulapasses. Ber. schweizer. bot. Ges. Heft 11. Bern.

VALMARI, J. (1921): Beiträge zur chemischen Bodenanalyse. Acta forestalia fennica, Bd. 20. Helsingfors.

WARÉN, H. (1924): Untersuchungen über die botanische Entwicklung der Moore mit Berücksichtigung der chemischen Zusammensetzung des Torfes. Wissenschaftliche Veröffentlichungen des finnischen Moorkulturvereins N:o 5. Helsingfors.

WEIS, FR. (1924): Undersøgelser over Jordbundens Reaktion og Nitrifikationsevne i typiske danske Bøgeskove. Dansk Skovforenings Tidskr. 9. København.

WHERRY, E. T. (1920): Soil acidity and a field method for its measurement. Ecology, Bd. 1.

WIMAN, C. (1902): Studien über das nordbaltische Silurgebiet I. Bull. geol. inst. Uppsala Bd. 6.

WŁODEK, J. U. STRZEMIENSKY, K. (1924): Untersuchungen über die Beziehungen zwischen den Pflanzenassoziationen und der Wasserstoffionenkonzentration in den Boden des Chocholowskatales (Tatra, Polen). Bull. Acad. polon. sc. et lettres. Sér. B.

ZLATNIK, A. (1925): Les associations de la végétation des Krkonose et le p^H. Mémoires soc. des scienc. de Bohême. Cl. des scienc. Prague.

—»— (1928): Études écologiques et sociologiques sur le Sesleria coerulea et le Seslerion calcariae en Tchécoslovaquie. Travaux de la soc. roy. d. scienc. de Bohême, Cl. des sciences. Nouv. sér. (VIII) N:o 1. Prague.

ZOLLISCH, L. (1927): Zur Frage der Bodenstetigkeit alpiner Pflanzen unter besonderer Berücksichtigung des Aziditäts- und Konkurrenzfaktors. Flora. Bd. 122, S. 93.

ÅSLANDER, A. (1929): Concentration of the nutrient medium versus its hydrogen-ion concentration as manifested by plant growth. Svensk bot. tidskr. Bd. 23, S. 96. Stockholm.

ACTA BOTANICA FENNICA

1, N:o 1. **Alvar Palmgren:** Die Artenzahl als pflanzengeographischer Charakter sowie der Zufall und die säkulare Landhebung als pflanzengeographische Faktoren. Ein pflanzengeographischer Entwurf, basiert auf Material aus dem åländischen Schärenarchipel. Mit zwei Karten. Helsingforsiae 1925. S. 1—142.

Acta Bot. Fenn. 1 hoc fasciculo absoluta sunt.

2. **Alvar Palmgren:** Die Einwanderungswege der Flora nach den Ålandsinseln. 1. Mit 57 Karten. Helsingforsiae 1927. S. 1—199.

3. **Carl Cedercreutz:** Studien über Laubwiesen in den Kirchspielen Kyrkslätt und Esbo in Südfinnland. Mit besonderer Berücksichtigung der Verbreitung und Einwanderung der Laubwiesenarten. Mit 64 Karten und 10 Bildern. Helsingforsiae 1927. S. 1—181.

4. **L. Arvi P. Poijärvi:** Uber die Basenpermeabilität pflanzlicher Zellen. Helsingforsiae 1928. S. 1—102.

5. **Hugo Bärlund:** Permeabilitätsstudien an Epidermiszellen von Rhoeo discolor. Helsingforsiae 1929. S. 1—117.

6. **Runar Collander:** Permeabilitätsstudien an Chara ceratophylla. I. Die normale Zusammensetzung des Zellsaftes. Helsingforsiae 1930. S. 1—20.

7. **Widar Brenner:** Beiträge zur edaphischen Ökologie der Vegetation Finnlands. I. Kalkbegünstigte Moore, Wiesen und Wiesenwälder. Helsingforsiae 1930. S. 1—97.